

2-1 東北地方およびその周辺の微小地震活動（1992年5月～10月）

Microearthquake Activity in and around the Tohoku District (May–October, 1992)

東北大学 理学部

Faculty of Science, Tohoku University

1992年5月～7月，1992年8月～10月の各3ヶ月間に震源決定された微小地震の震央分布を，第1図と第2図（震源の深さ40km以浅），第3図と第4図（震源の深さ40km以深）にそれぞれ示す。また1992年5月～10月の期間の各1ヶ月毎の震央分布を第5図から第10図に示す。

1992年7月18日17時36分にM6.9の地震が三陸はるか沖で発生した。この前後の地震活動の推移を第11図に示す。この付近では1989年11月2日にM7.1の地震が発生している。これら二つの地震活動の時空間分布の比較を第12図と第13図に示す。活動の開始から3か月間に発生したM3以上の地震の個数は両者ではほぼ同じであるが，1992年の地震の方が空間的にも時間的にも集中して発生している。1992年の地震ではM5級の地震は本震後約1月で起きなくなったのに対して，1989年の地震では2次余震を伴わないM5級の地震が1年以上続いていた。第14図に宮古観測所における12時間毎の地震の発生頻度を示す。今回の活動では7月25日に宮城県沖でM6.0の地震が発生したが，その余震の個数はかなり少なかった。

三陸はるか沖の地震波形記録中には顕著なsP波が観測されることがある。第15図はsP波を用いて再決定された地震の震源分布をあらわしている。1989年のM7.1の地震より東側では震源はかなり低角な面上に発生している。三陸沖から宮城県沖にかけての過去の活動と主な地震の余震分布を第16図に示す。大きな地震の余震活動には明らかに空白域が認められ，これらの地域では東北大学の観測開始以来ほとんど地震が発生していない（たとえば北緯38.7度～39.0度，東経143度～144度の領域）。今回の余震の広帯域地震計による波形とそのスペクトルの特徴を第17図に示す。この付近では顕著な低周波地震が観測されることがあり，この低周波地震は海溝軸周辺と，上記の空白域周辺に多く見られる。東京大学理学部と東北大学理学部では今回の地震の余震観測のために臨時海底地震観測を行った。第18図に海底地震計の設置位置を示す。

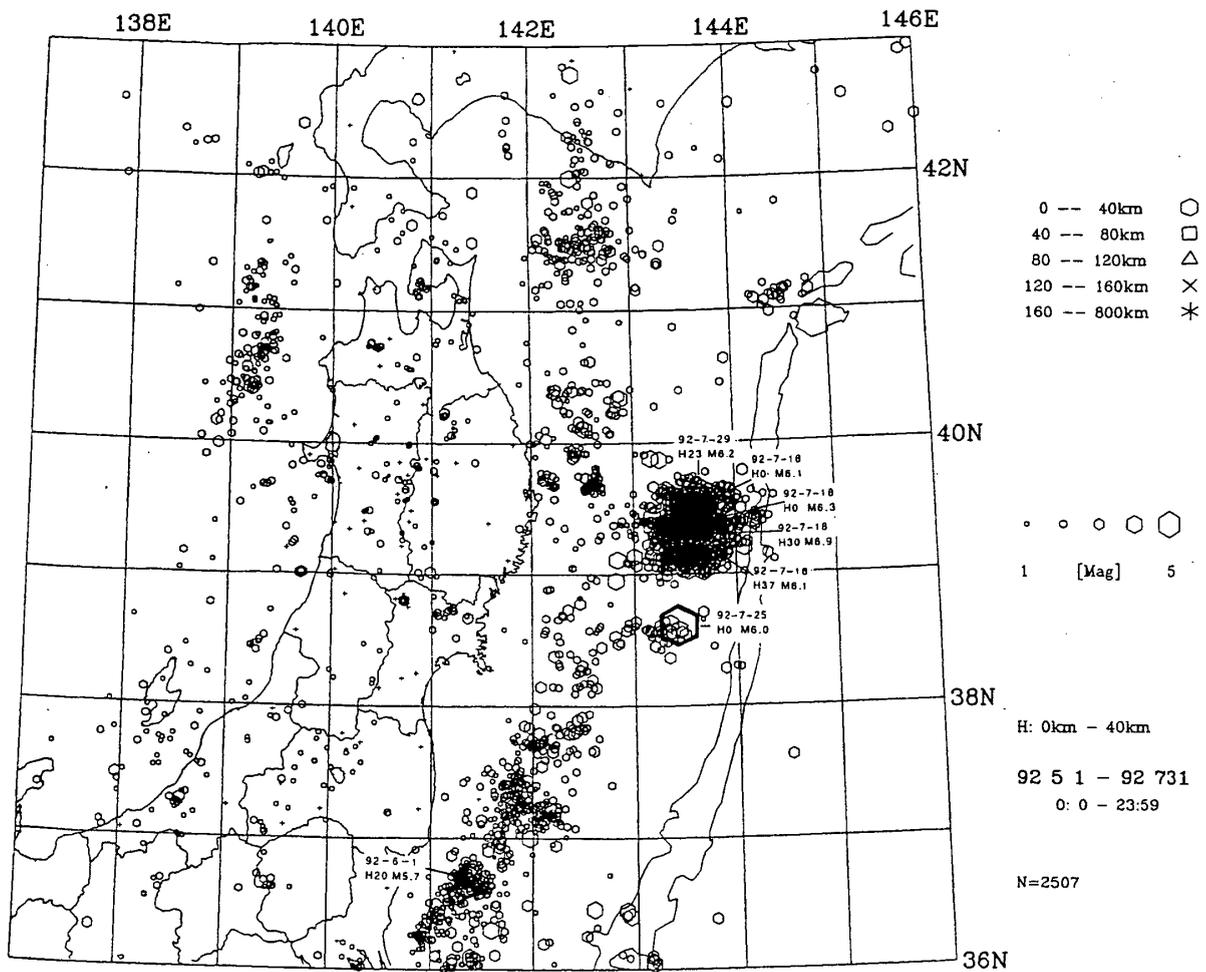
1992年7月12日に青森県東方沖で，また8月24日に北海道渡島支庁東部でM6.3の地震が発生した。両者の余震分布やメカニズム解を第19図と第20図に示す。7月12日の地震はプレート境界で活動度の高い地域で発生したが，8月24日の地震は沈み込んだ太平洋プレート内部の地震でこれまで活動がほとんど見られなかった地域で発生した。二つの震央を結んで海溝側に延長した線上に過去の地震の震央が集中しているように見える。この線上に位置している地震の時空間分布（第20図F）を見ると，海溝付近でM4以上の地震が発生すると内陸側でM5以上地震が発生しているように見える。なお8月24日の地震では震源の深さが126kmとかなり深い地震であるにもかかわらず，かなりの余震活動が見られた。

1992年9月22日に栃木県西部でM4.3の地震が発生した。この地震の余震と過去の活動を第21図に示す。この付近では地震の「巣」が西から皇海山周辺，足尾周辺，1949年今市地震の余震域の三つに分かれており，今回の地震は足尾周辺と今市地震の余震域の二つの「巣」の中間に位置してい

る。なお皇海山周辺と足尾周辺では相補的に地震が発生しているように見える。

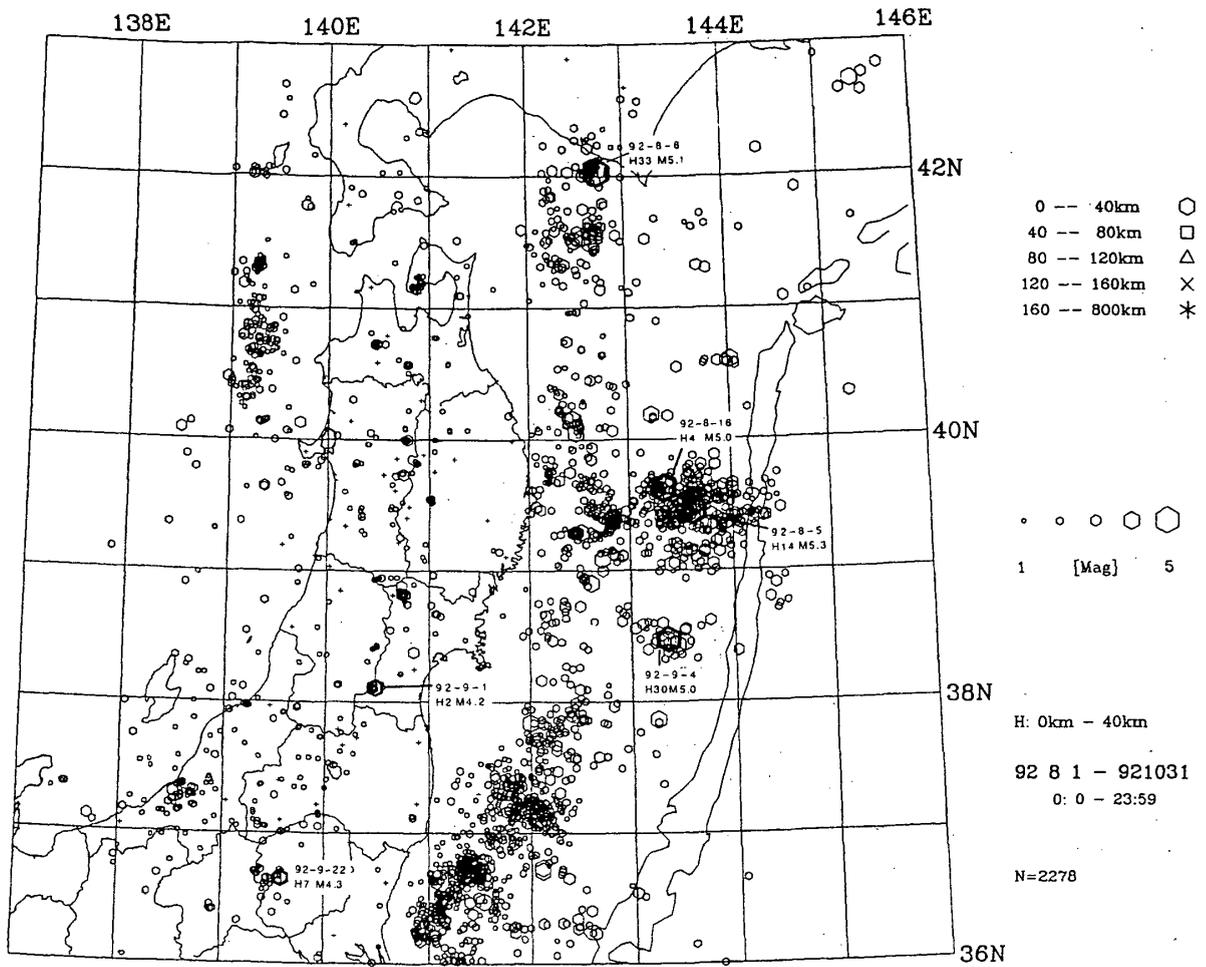
1992年5月～10月に東北地方の内陸に発生したM3以上の浅発地震の震央分布とメカニズム解を第22図と第23図に示す。

東北地方の日本海下と内陸下に発生した浅発地震および稍深発地震の時空間分布を第24図に、b値の変化を第25図に示す。東北地方の太平洋下に発生した地震のM-T図を第26図に、b値の変化を第27図に示す。これらの図から最近地震活動が全体的に復調してきているように見える。



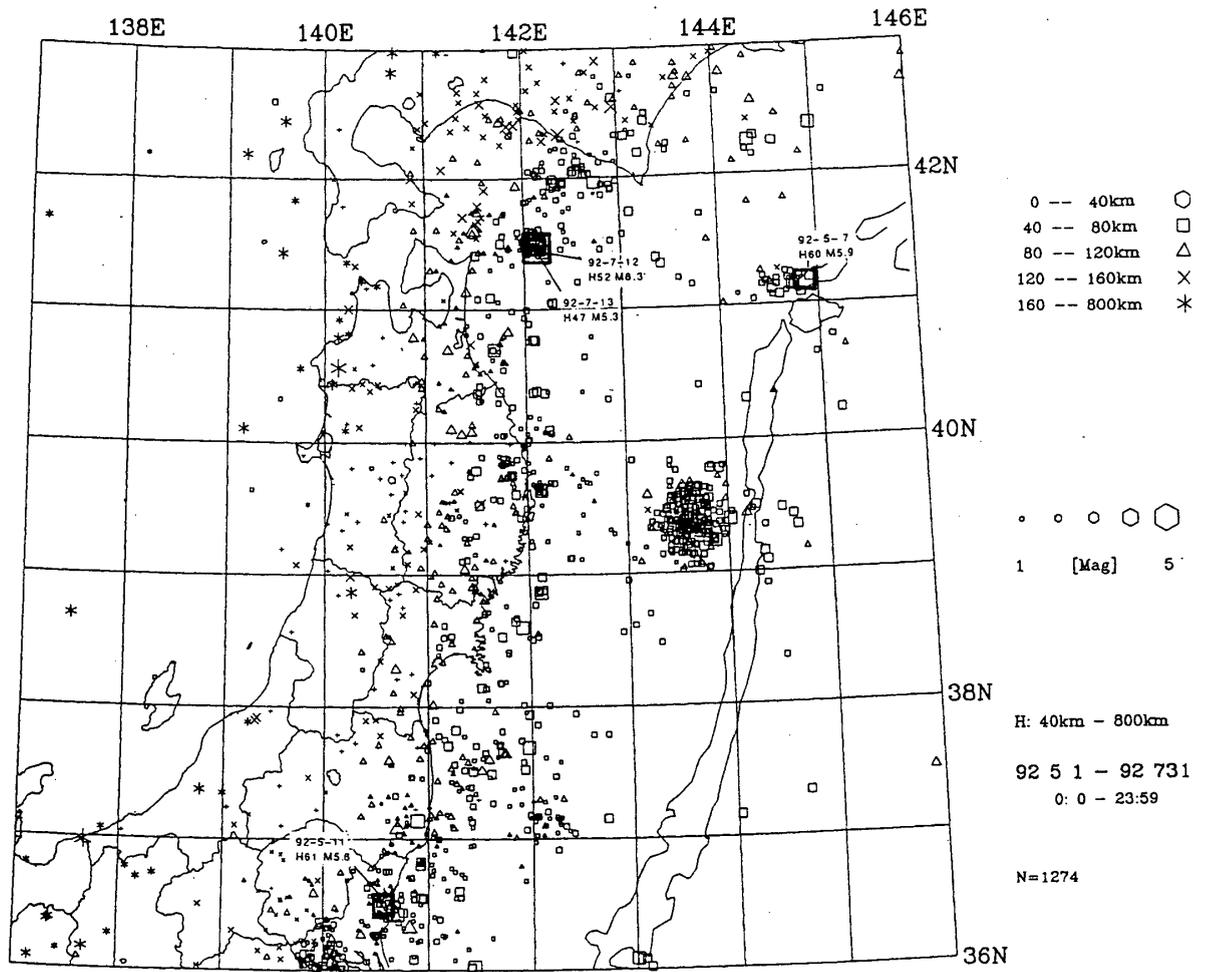
第1図 東北地方の浅発微小地震の震央分布 (1992年5月~7月)

Fig. 1 Epicenter distribution of shallow microearthquakes ($h < 40$ km) in the Tohoku District (May-July, 1992).



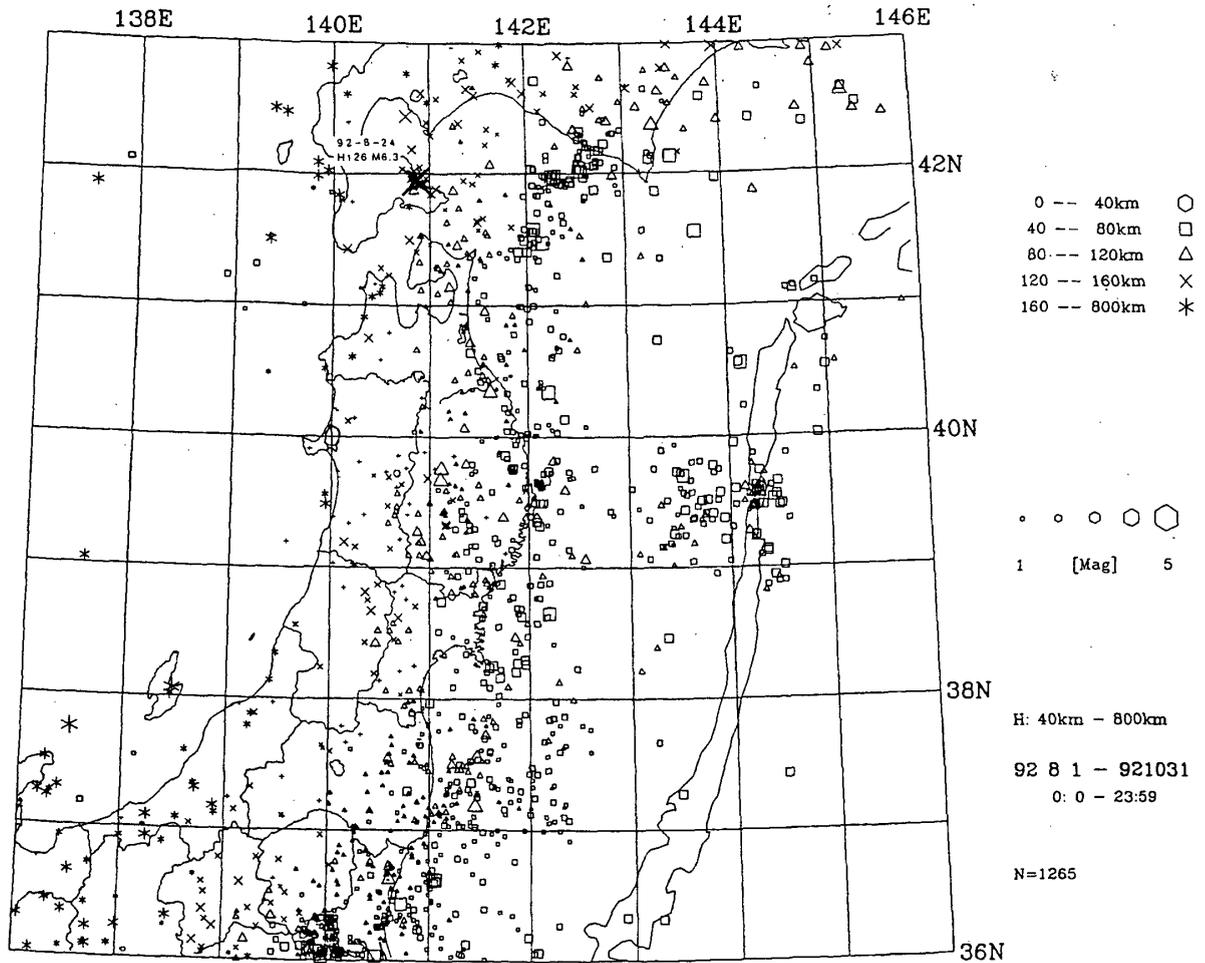
第2図 東北地方の浅発微小地震の震央分布 (1992年8月~10月)

Fig. 2 Epicenter distribution of shallow microearthquakes ($h < 40$ km) in the Tohoku District (August–October, 1992).



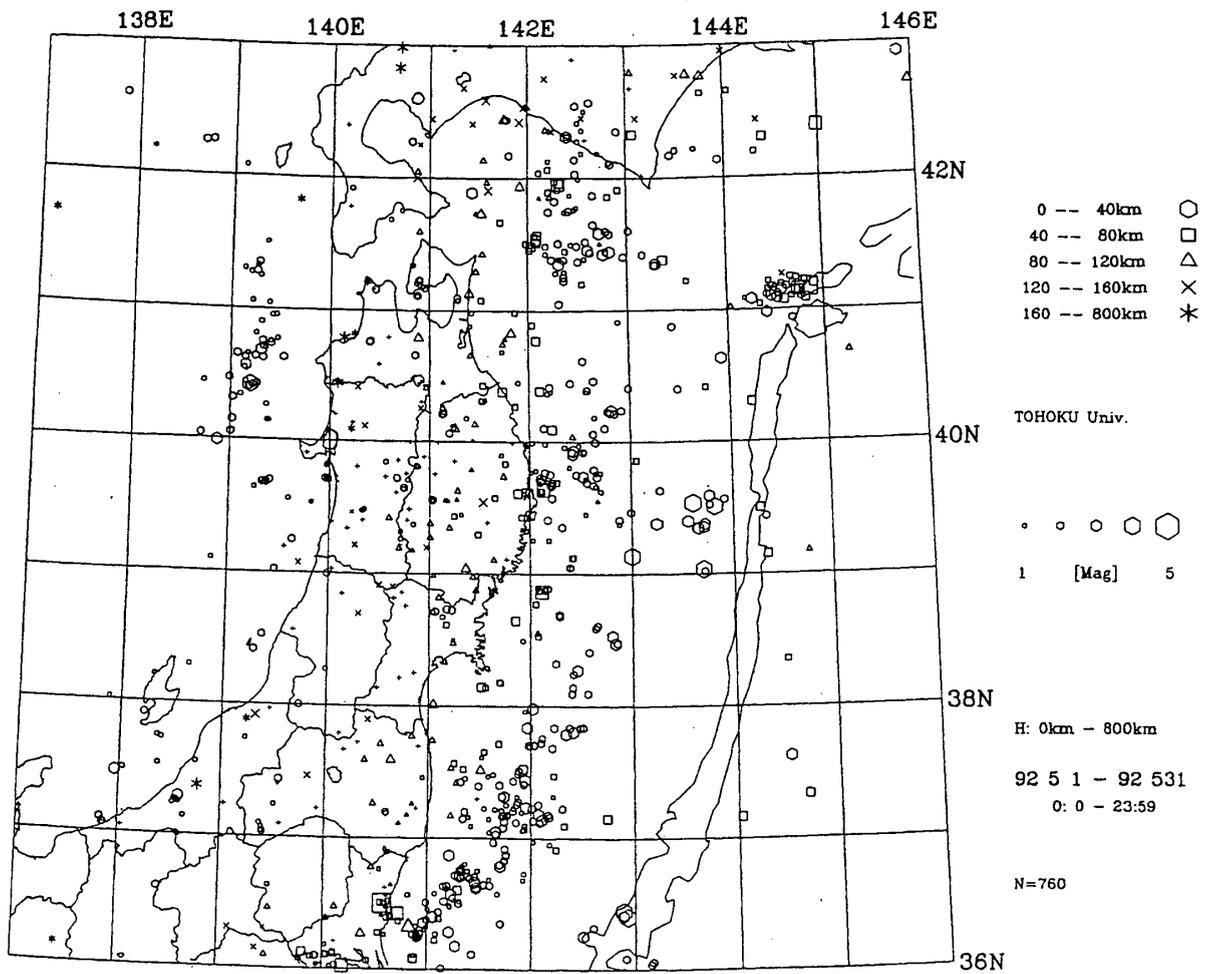
第3図 東北地方の $h \geq 40\text{km}$ の微小地震の震央分布 (1992年5月~7月)

Fig. 3 Epicenter distribution of microearthquakes ($h \geq 40 \text{ km}$) in the Tohoku District (May–July, 1992).



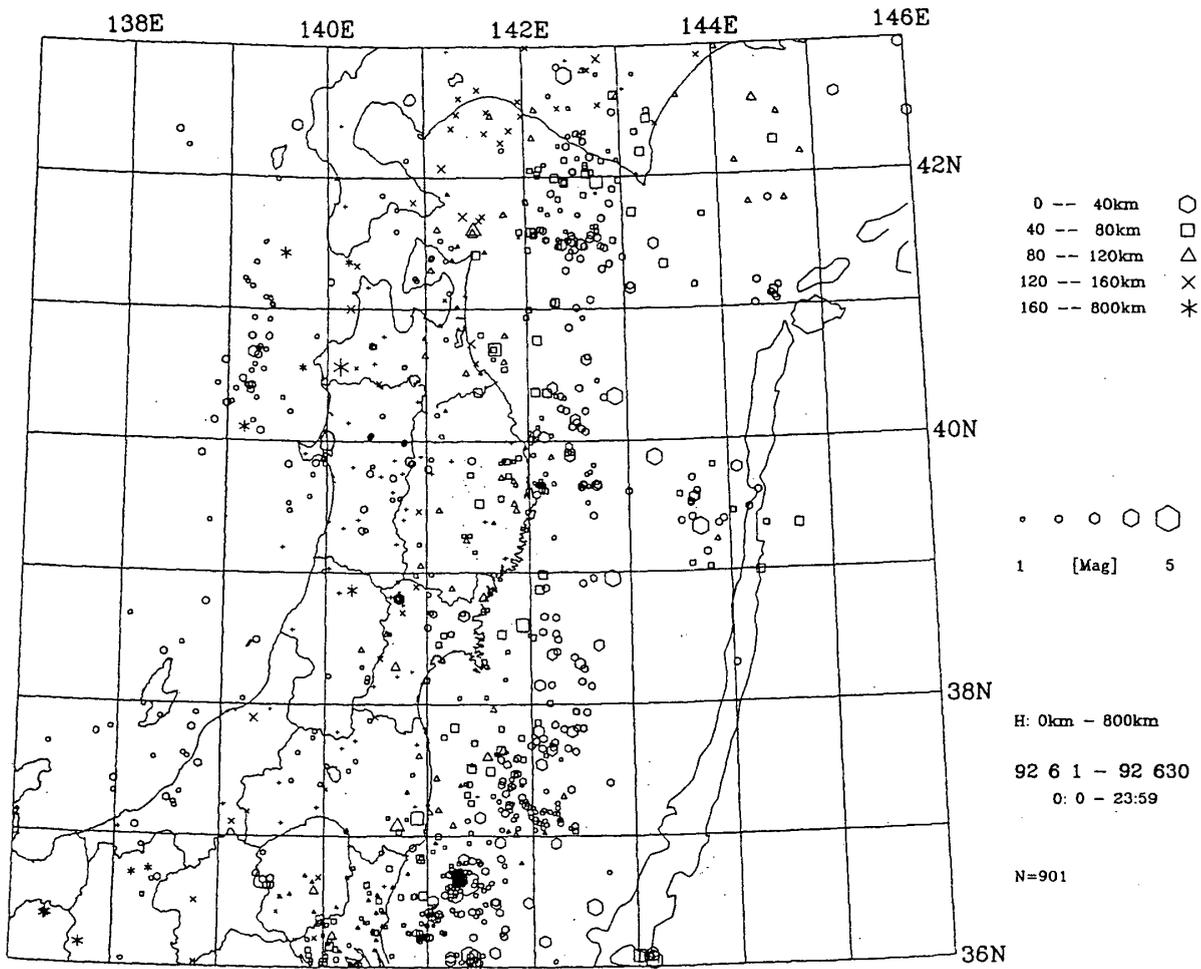
第4図 東北地方の $h \geq 40\text{km}$ の微小地震の震央分布 (1992年8月~10月)

Fig. 4 Epicenter distribution of microearthquakes ($h \geq 40 \text{ km}$) in the Tohoku District (August–October, 1992).



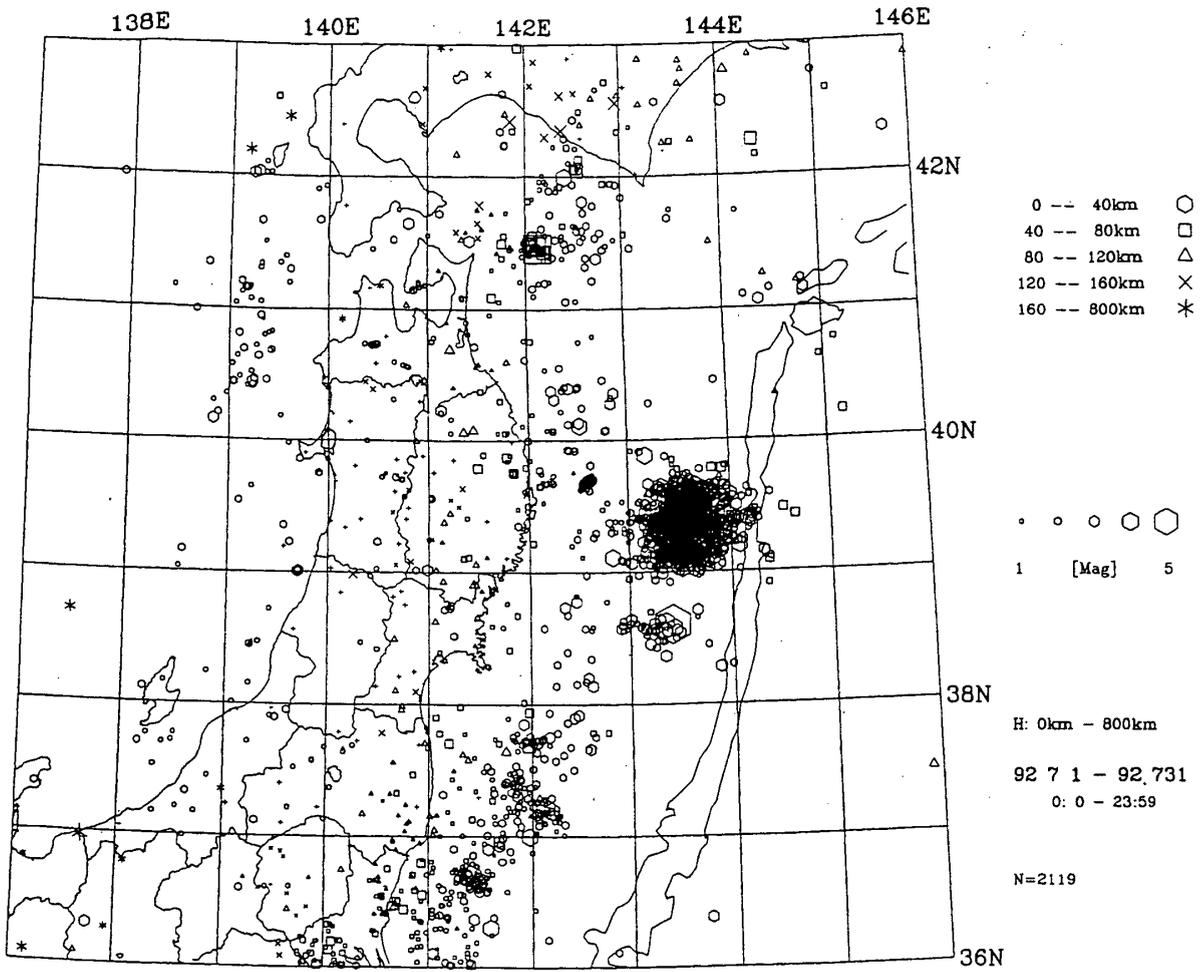
第5図 東北地方の微小地震の震央分布 (1992年5月)

Fig. 5 Epicenter distribution of microearthquakes in the Tohoku District (May, 1992).



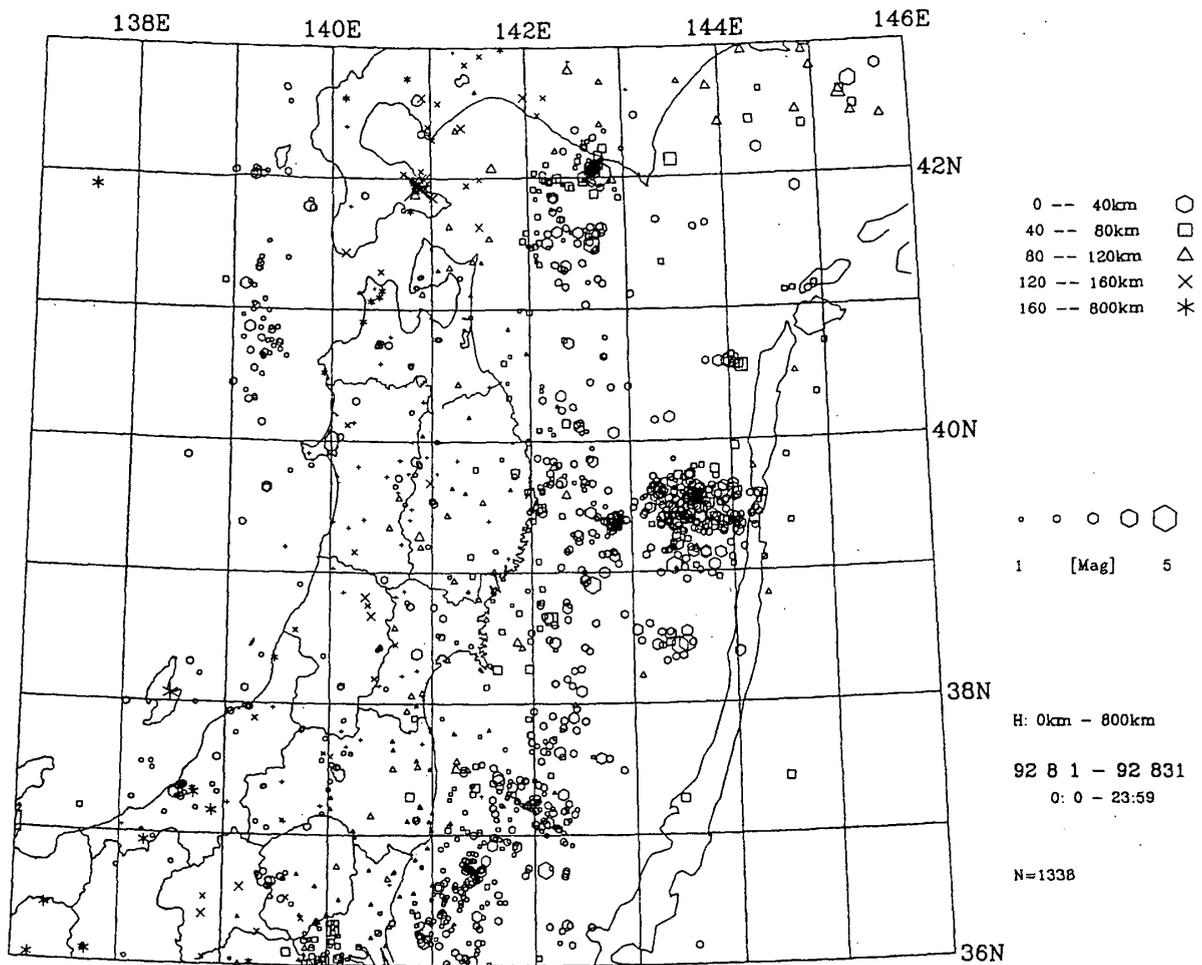
第 6 図 東北地方の微小地震の震央分布 (1992年 6 月)

Fig. 6 Epicenter distribution of microearthquakes in the Tohoku District (June, 1992).



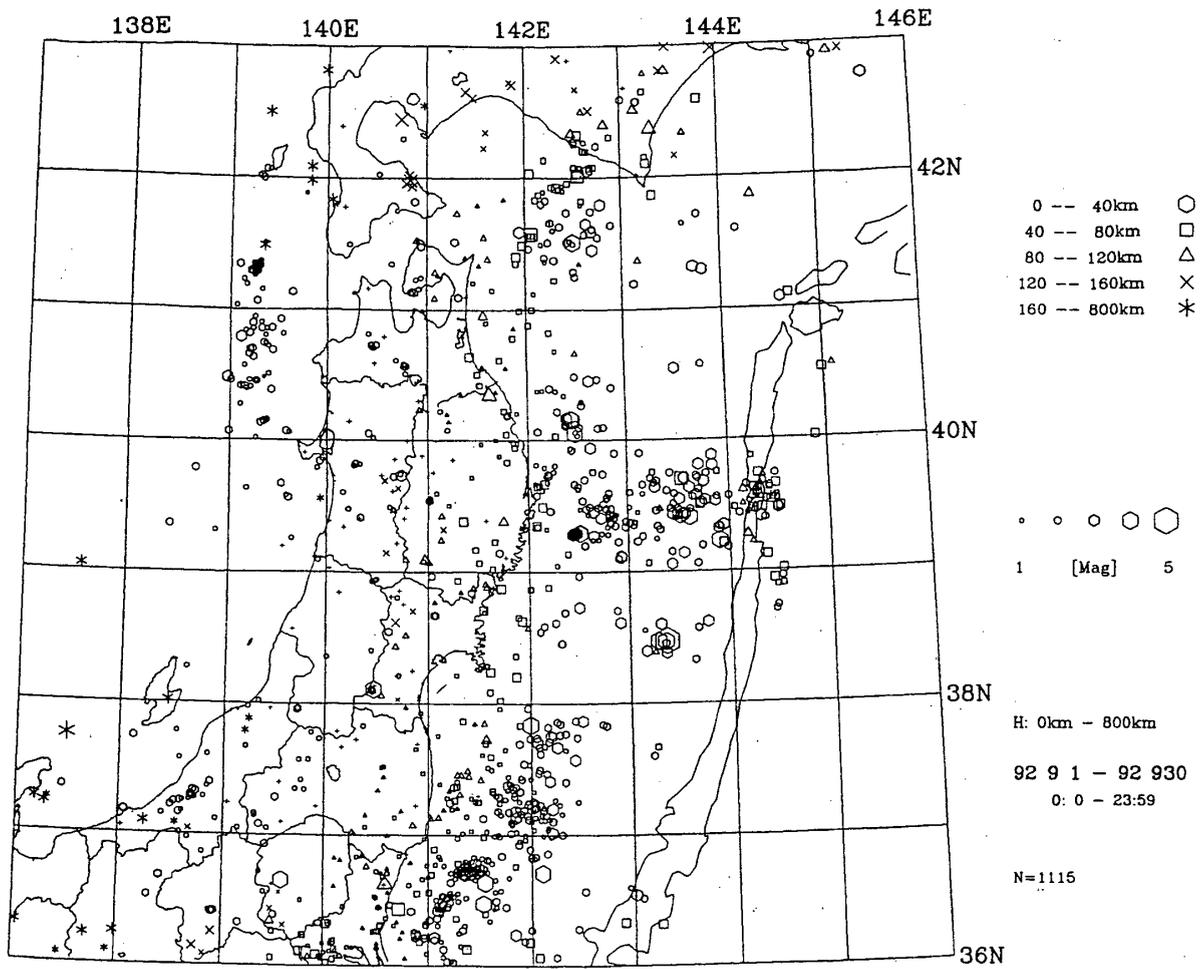
第7図 東北地方の微小地震の震央分布 (1992年7月)

Fig. 7 Epicenter distribution of microearthquakes in the Tohoku District (July, 1992).



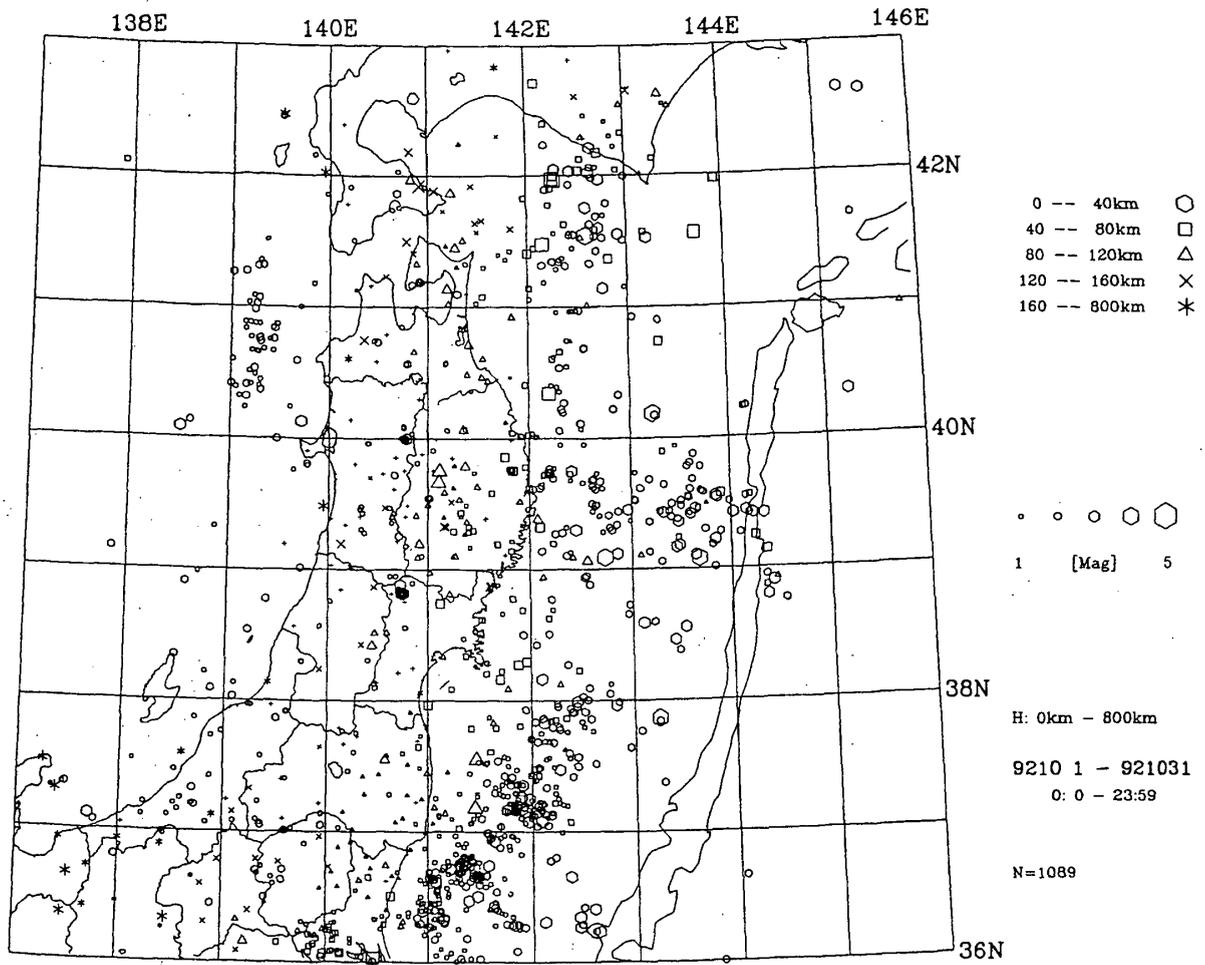
第 8 図 東北地方の微小地震の震央分布 (1992年 8 月)

Fig. 8 Epicenter distribution of microearthquakes in the Tohoku District (August, 1992).



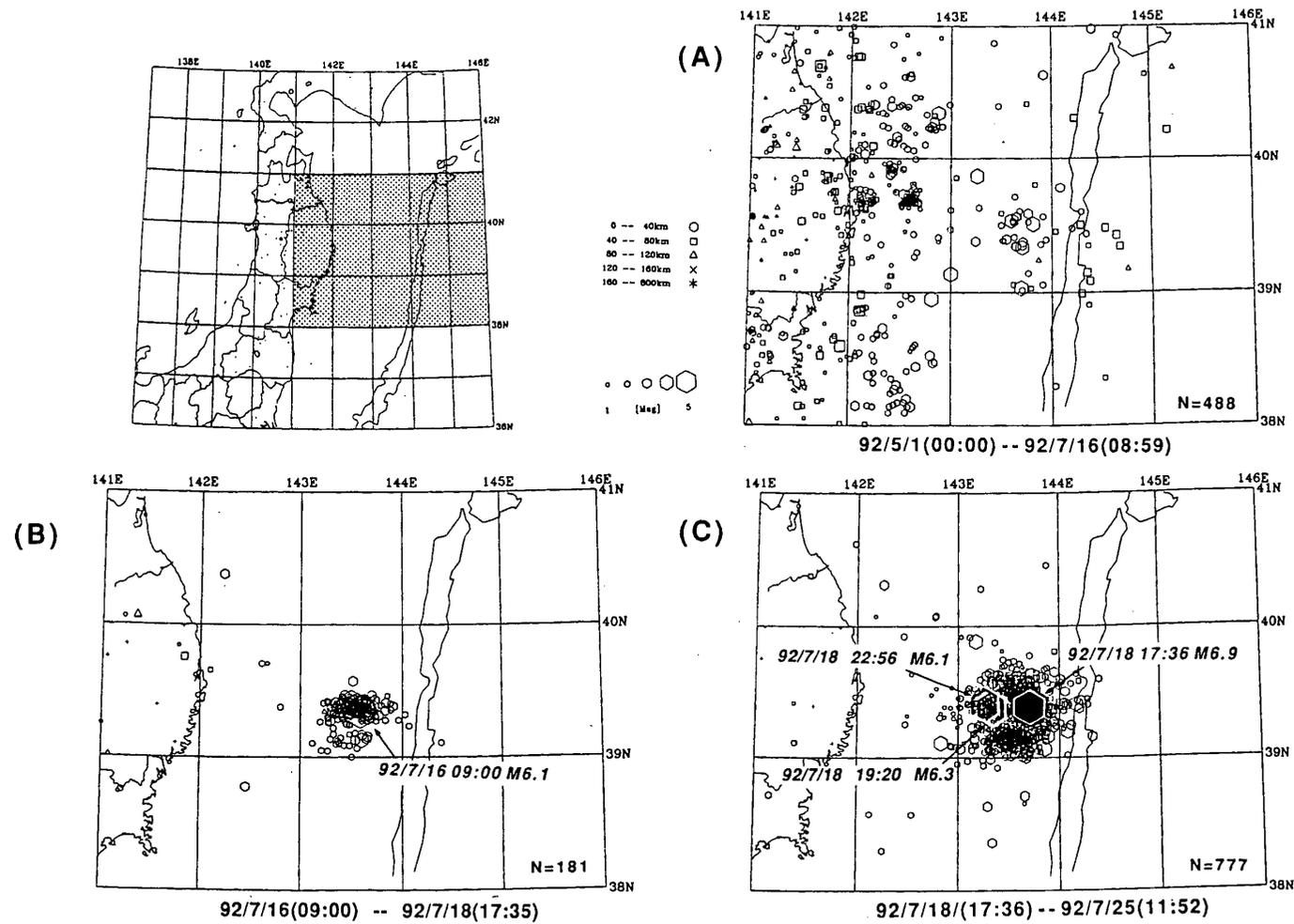
第9図 東北地方の微小地震の震央分布 (1992年9月)

Fig. 9 Epicenter distribution of microearthquakes in the Tohoku District (September, 1992).



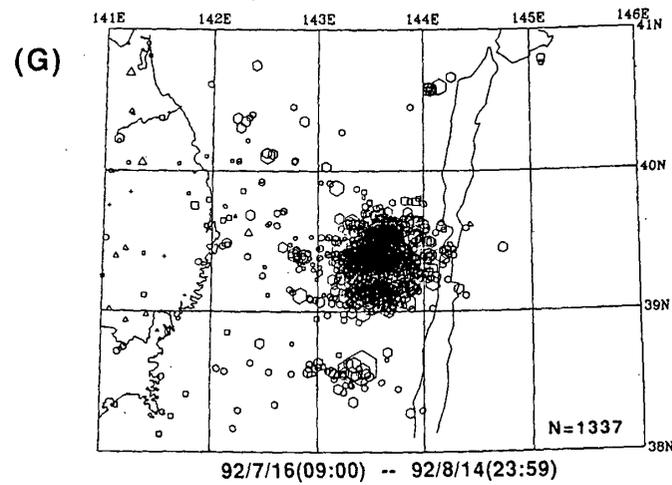
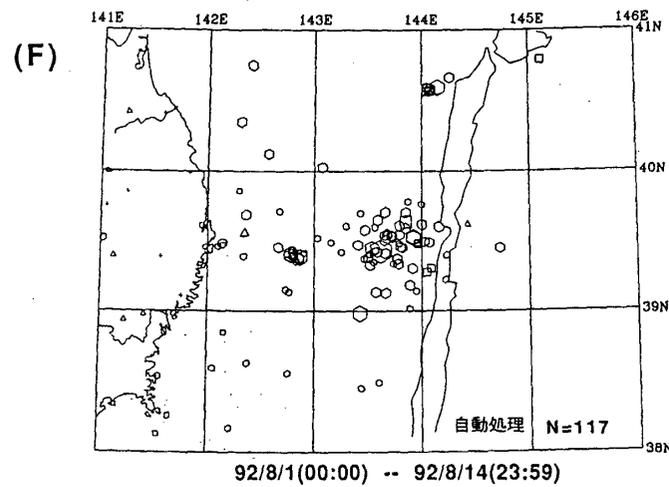
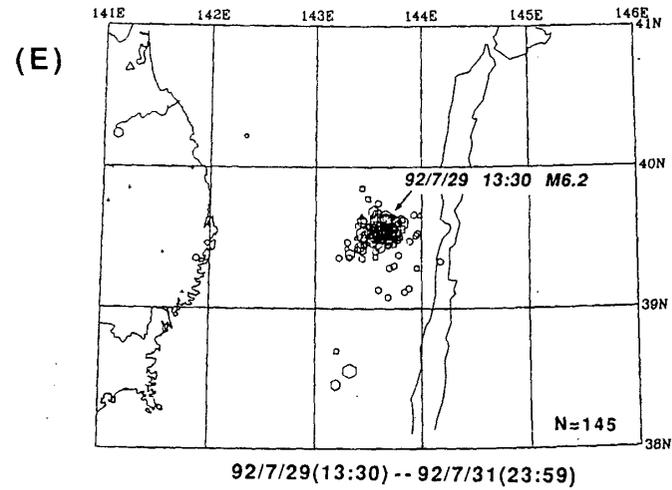
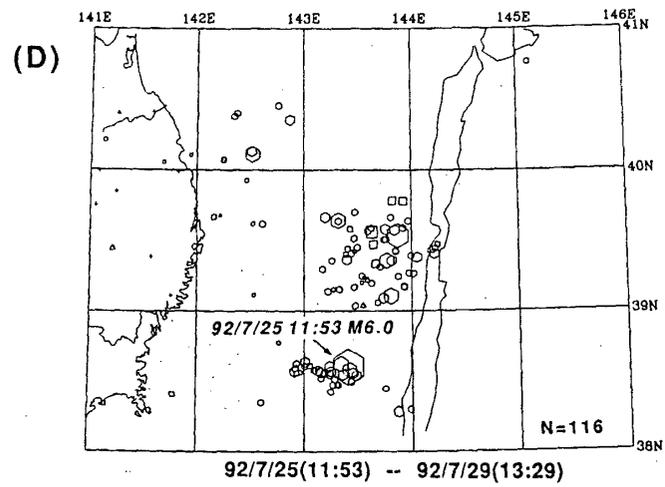
第10図 東北地方の微小地震の震央分布 (1992年10月)

Fig. 10 Epicenter distribution of microearthquakes in the Tohoku District (October, 1992).



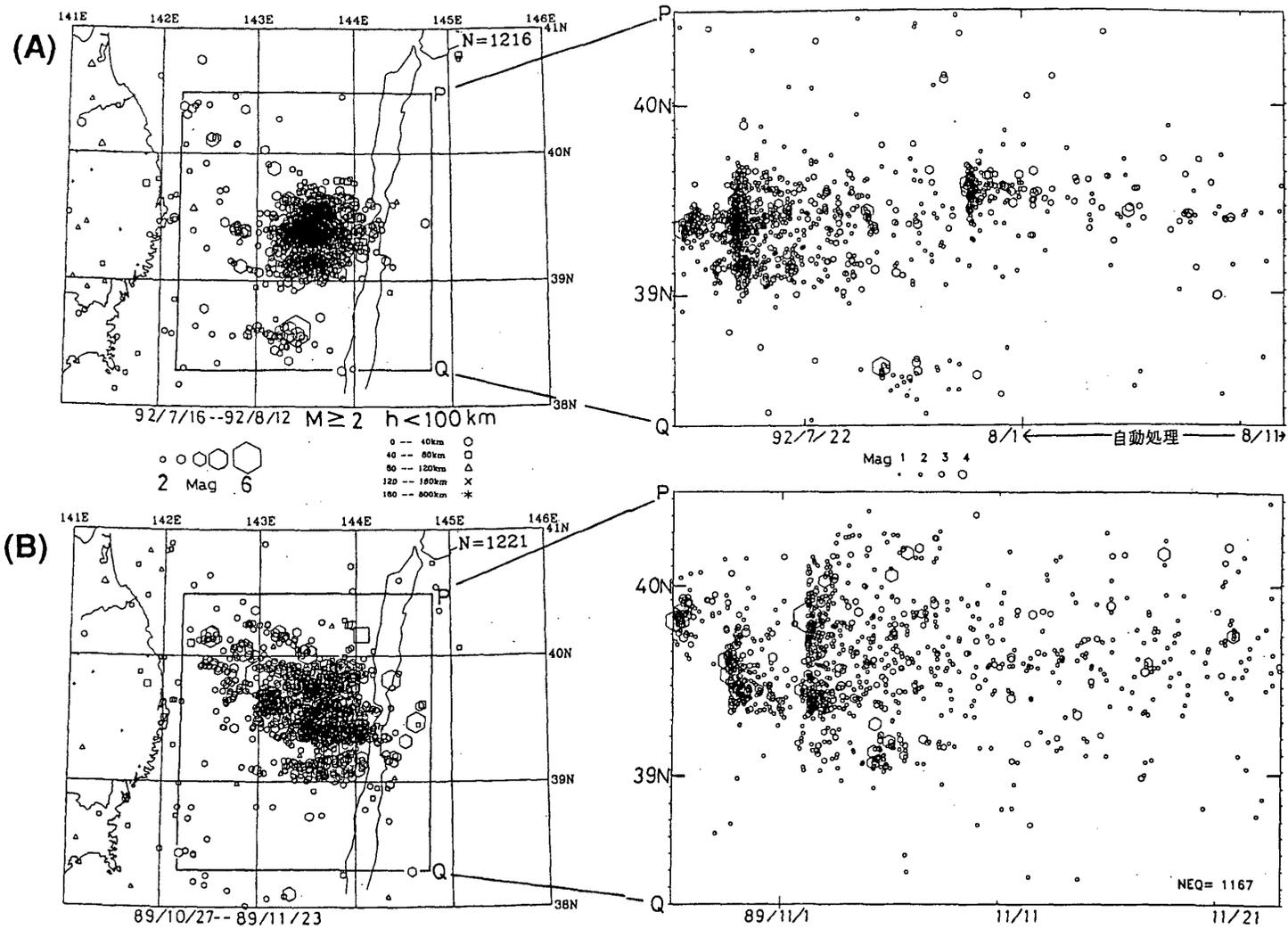
第11図 三陸はるか沖の地震活動 (A)1992年 5月 1日～7月16日 8時59分, (B)7月16日 9時0分～18日17時35分, (C)18日17時36分～25日11時52分, (D)25日11時53分～29日13時29分, (E)29日13時30分～31日23時59分, (F)8月 1日～14日 (自動処理による), (G)7月16日 9時0分～8月14日 3時59分

Fig. 11 Epicenter distributions far off Sanriku for the periods (A) 0:0, May 1 – 8:59, July 16, (B) 9:0, July 16 – 17:35, July 18, (C) 17:36, July 18 – 11:52, July 25, (D) 11:53, July 25 – 13:29, July 29, (E) 13:30, July 29 – 23:59, July 31, (F) August 1-14 (determined by Automatic Processing System), and (G) 9:0, July 16 – 23:59, August 14.



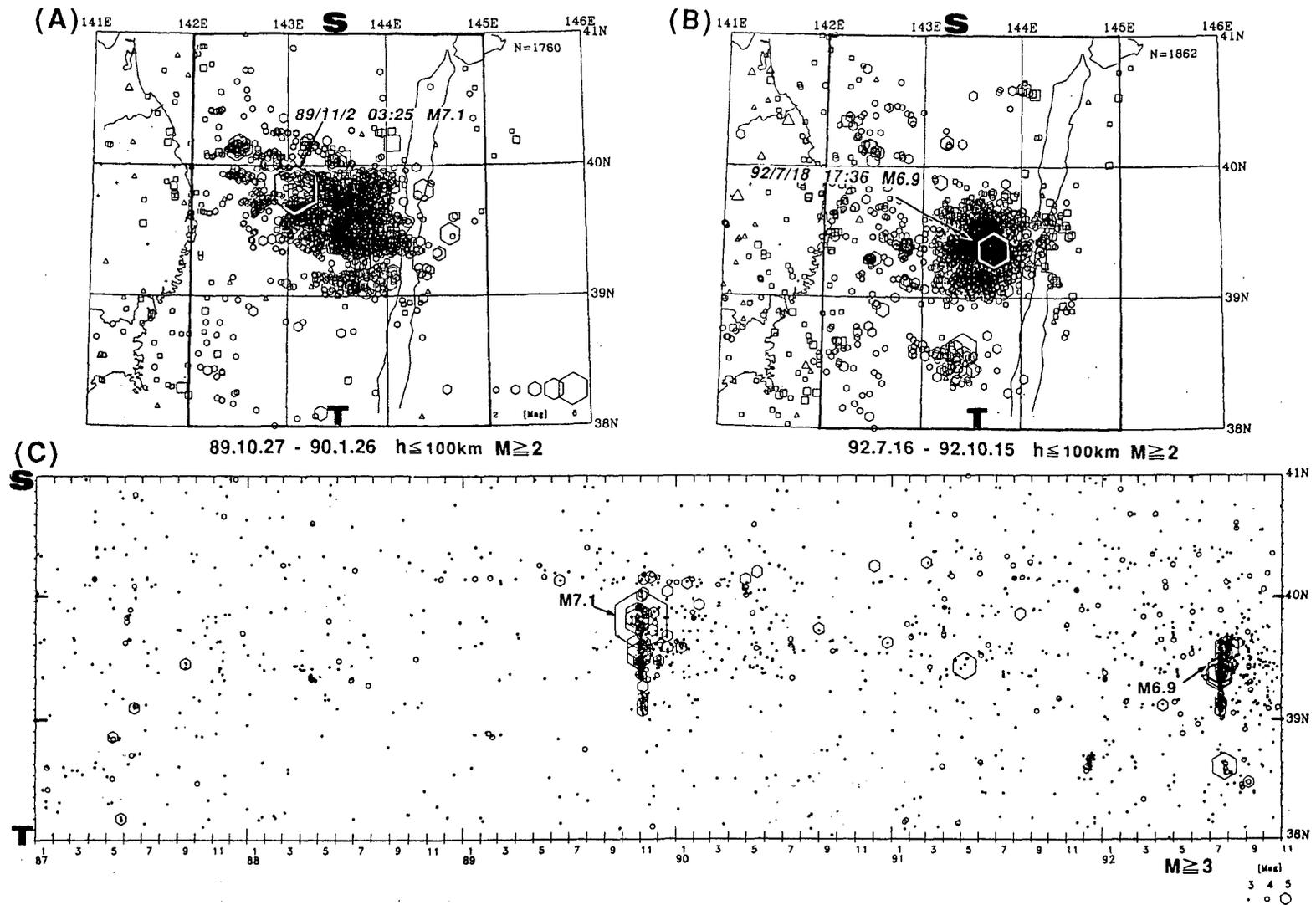
第11図 つづき

Fig. 1 (Continued)



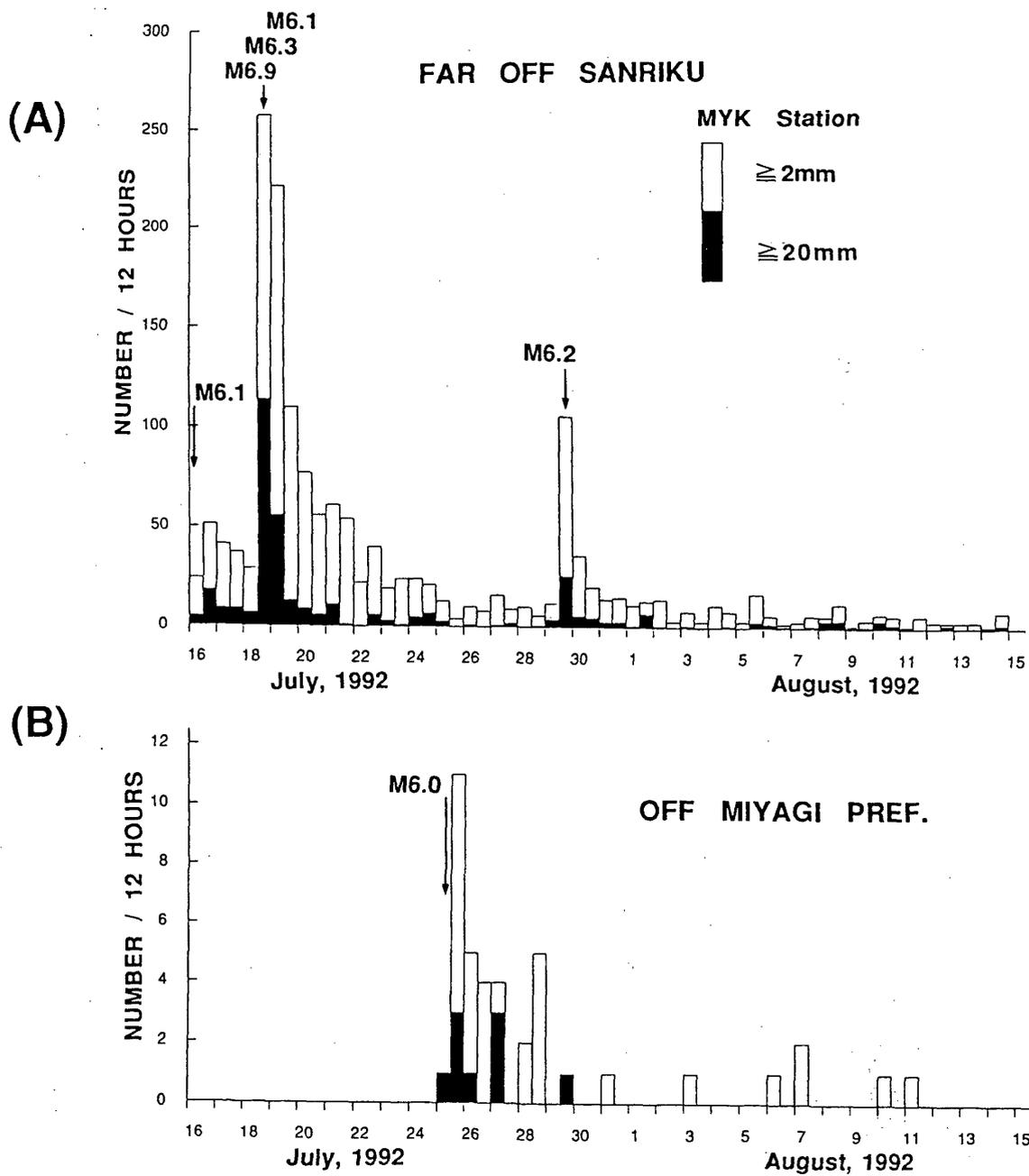
第12図 三陸はるか沖に発生した地震 ($M \geq 2$) の時空間分布 (A)1992年7月16日～8月12日, (B)1989年10月27日～11月23日。挿入図の枠内の地震をPQ軸に投影して示す。

Fig. 12 Space-time distributions for the earthquakes far off Sanriku ($M \geq 2$). Earthquakes in the squares in the inserted maps are projected onto PQ axis for the periods (A) July 16 – August 12, 1992, and (B) October 27 – November 23, 1989.



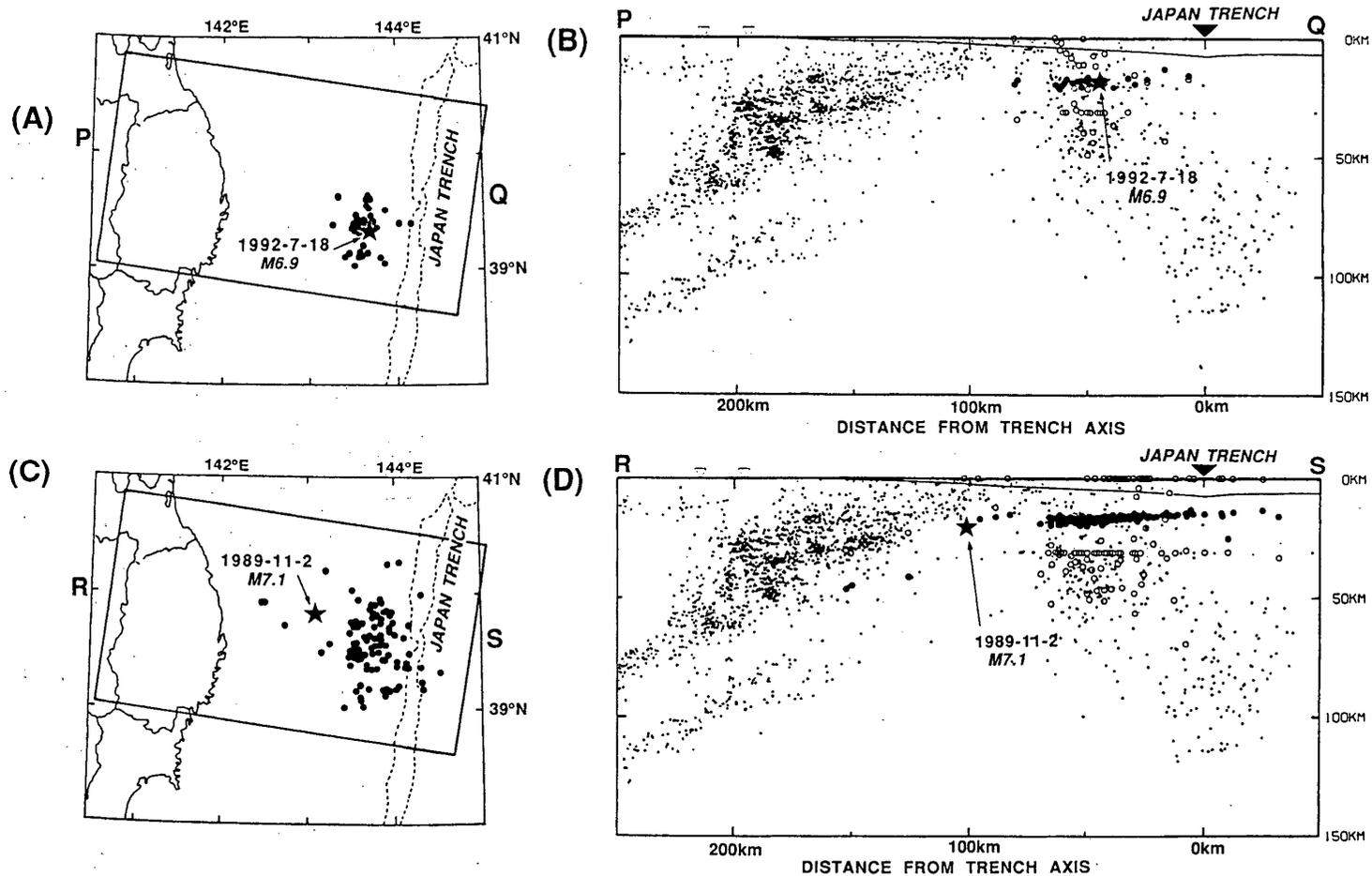
第13図 三陸沖の地震活動 (A)1989年10月27日～1990年1月26日, (B)1992年7月16日～10月15日に発生した $M \geq 2$ の地震の震央分布。(C)図(A), (B)のS T領域内に発生した地震の時空間分布 ($M \geq 3$)

Fig. 13 Seismic activity off Sanriku. (A) Epicenter map for the period from October 27, 1989 to January 26, 1990. (B) The map for the period from July 16 to October 15, 1992. (C) Space-time distribution of the earthquakes ($M \geq 3$) in the ST region in the maps.



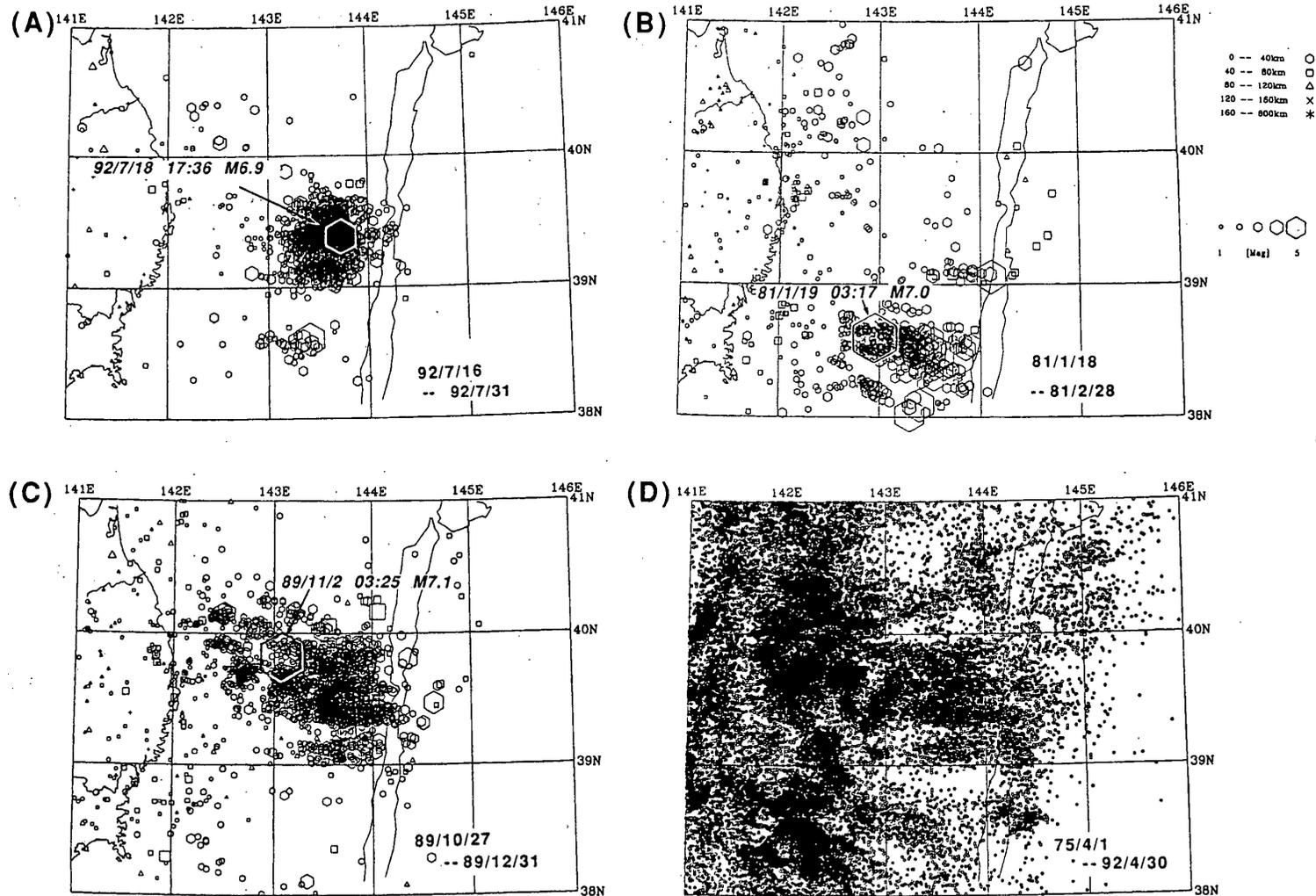
第14図 宮古観測所における12時間毎の地震の発生頻度。(A)1992年7月18日の三陸はるか沖の地震 (M6.9) の活動域, (B)1992年7月25日の宮城県沖の地震 (M6.0) の活動域。

Fig. 14 Number of earthquakes every 12 hours observed at Miyako observatory for the regions (A) far off Sanriku, and (B) off Miyagi Prefecture.



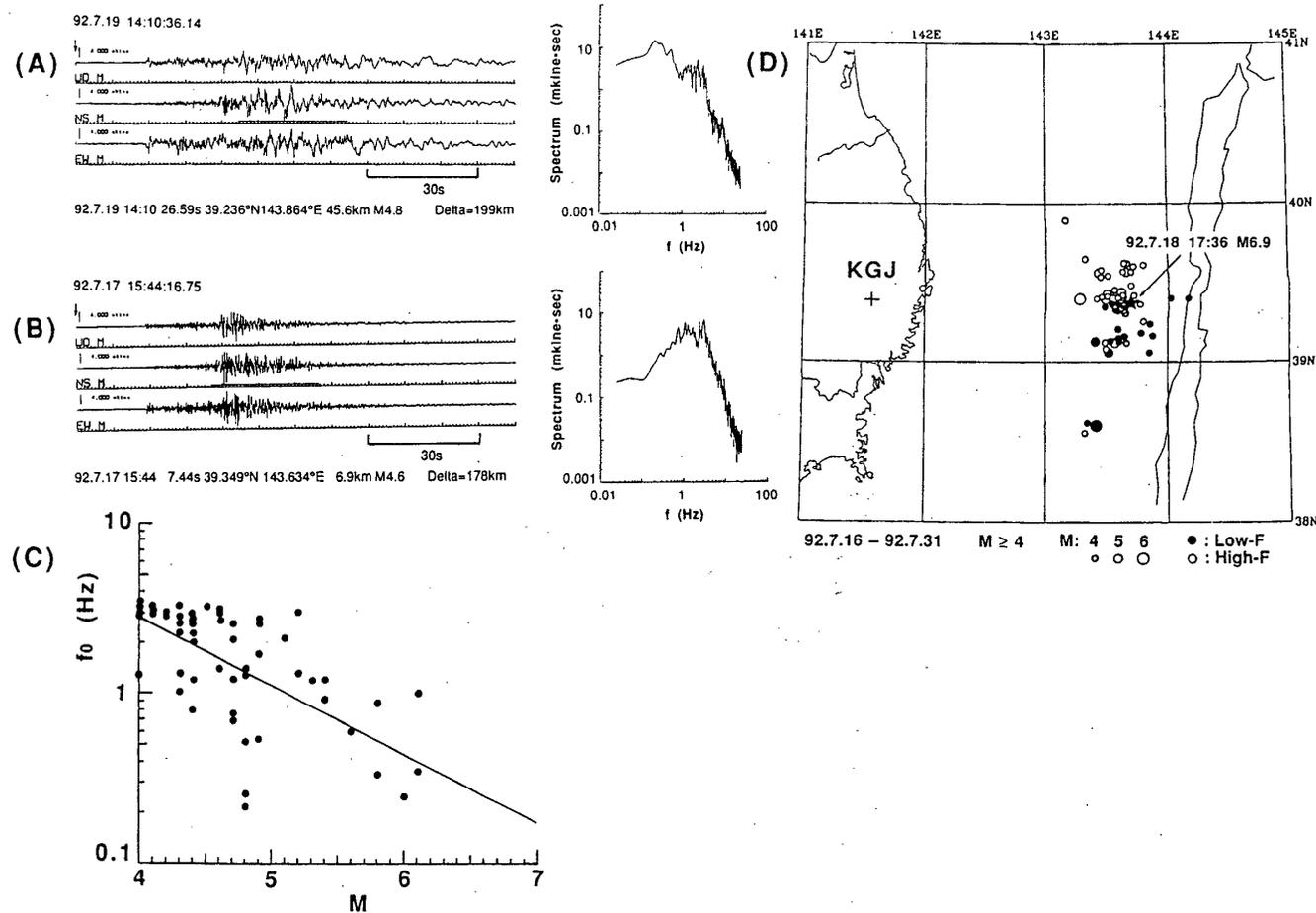
第15図 (A) s P波の観測された1992年7月18日の三陸はるか沖の地震 (M6.9) とその余震の震央分布。(B) s P波の走時を用いて再決定した地震の深さ分布 (黒丸) とそれらの地震のルーチン処理による深さ分布 (白丸)。小さい丸印は図(A)の領域P Q内に発生した地震 (1981年~1982年), 白三角形は観測点, 黒三角形は日本海溝の位置を示す。(C) s P波の観測された1989年11月2日の三陸はるか沖の地震 (M7.1) とその余震の震央分布。(D) s P波の走時を用いて再決定した地震の深さ分布 (黒丸) とそれらの地震のルーチン処理による深さ分布 (白丸)。

Fig. 15 Hypocenter distributions for the events located using sP phase. The hypocenters determined using sP phase are indicated by solid circles. Open circles indicate the hypocenters located using ordinary hypocenter determination procedure. (A) Map view and (B) vertical cross section of the hypocenters for the aftershocks of the event on July 18, 1992 (M6.9). (C), (D) For the aftershocks of the event on November 2, 1989 (M7.1).



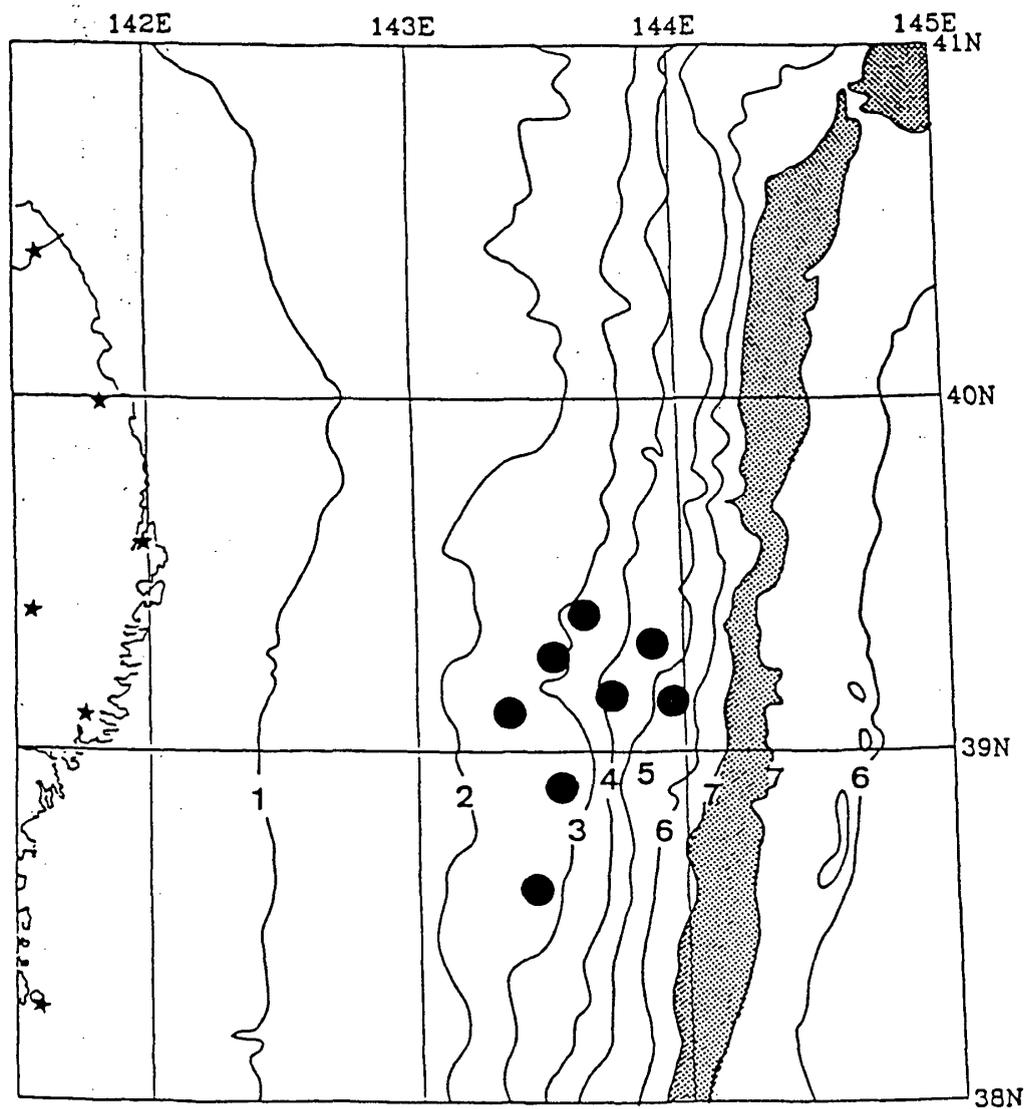
第16図 三陸はるか沖及びその周辺で発生した地震の震央分布 (A)1992年7月16日～7月31日, (B)1981年1月18日～2月28日, (C)1989年10月27日～12月31日, (D)1975年4月1日～1992年4月30日

Fig. 16 Epicenter distributions off Sanriku for the periods (A) July 16-31, 1992, (B) January 18 – February 28, 1981, (C) October 27 – December 31, 1989, and (D) April, 1975 – April, 1992.



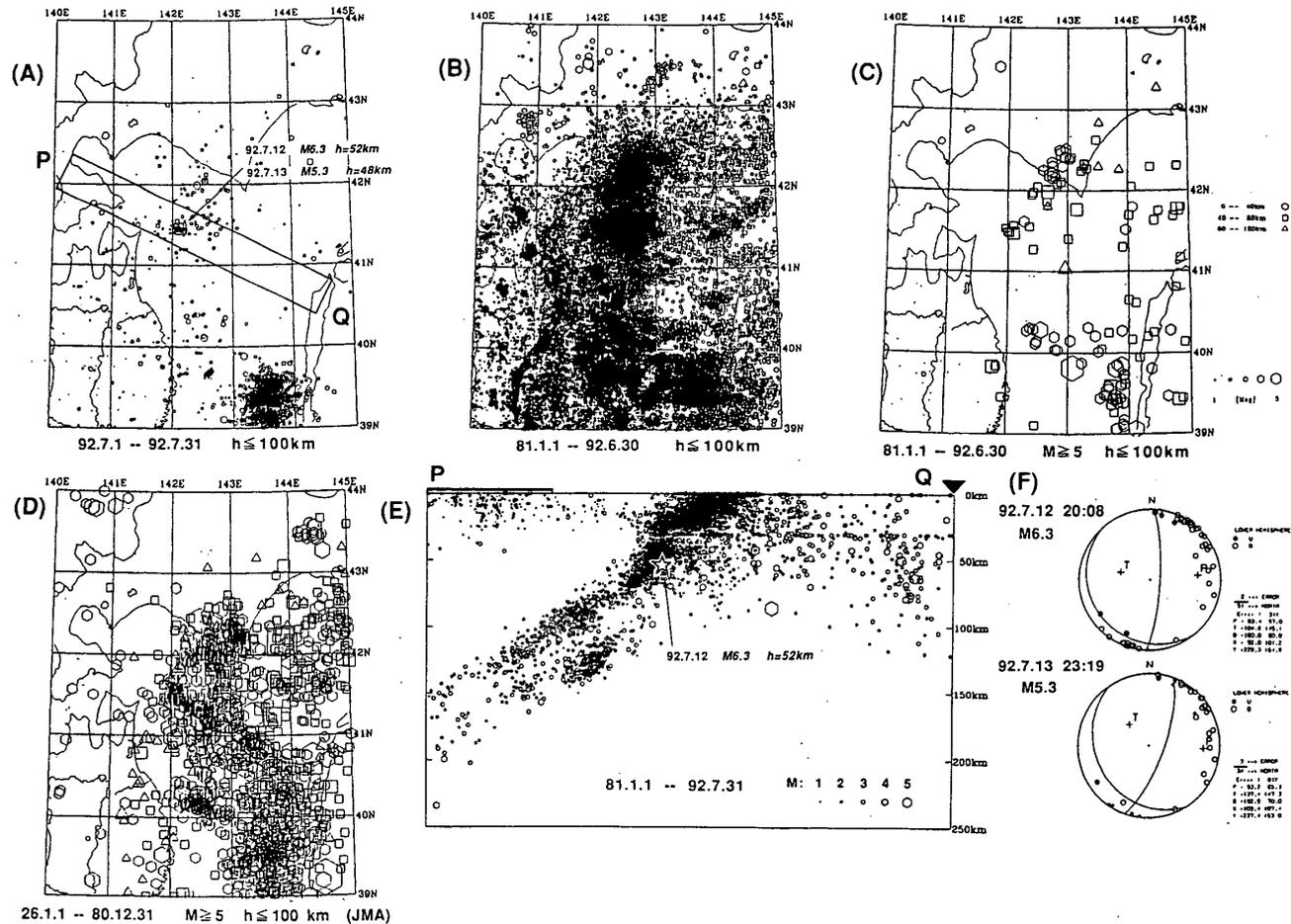
第17図 三陸地域地震火山観測所 (KGJ) の広帯域地震計 (STS-1) によって記録された三陸はるか沖の地震の波形記録とそのスペクトル。(A)低周波地震の波形とスペクトルの例。S波到着後30秒間のNS成分のデータのスペクトルを示す。(B)高周波地震の波形とスペクトルの例。(C)M4以上の地震のマグニチュードと卓越周波数との関係。(D)低周波地震と高周波地震の震央分布。図(C)の実線より下側(低周波側)のグループを黒丸で、上側(高周波側)のグループを白丸で示す。

Fig. 17 Low-frequency events observed by a broad-band seismograph (STS-1) at KGJ. (A) An example of seismograms and their spectra of the low-frequency events. (B) An example for the ordinary (high-frequency) events. (C) Peak frequencies (f_0) for the NS component seismograms of the events larger than or equal to M4. (D) Epicenter distribution far off Sanriku ($M \geq 4$). The events whose peak frequencies are below the solid line in fig. (C) are indicated by solid circles.



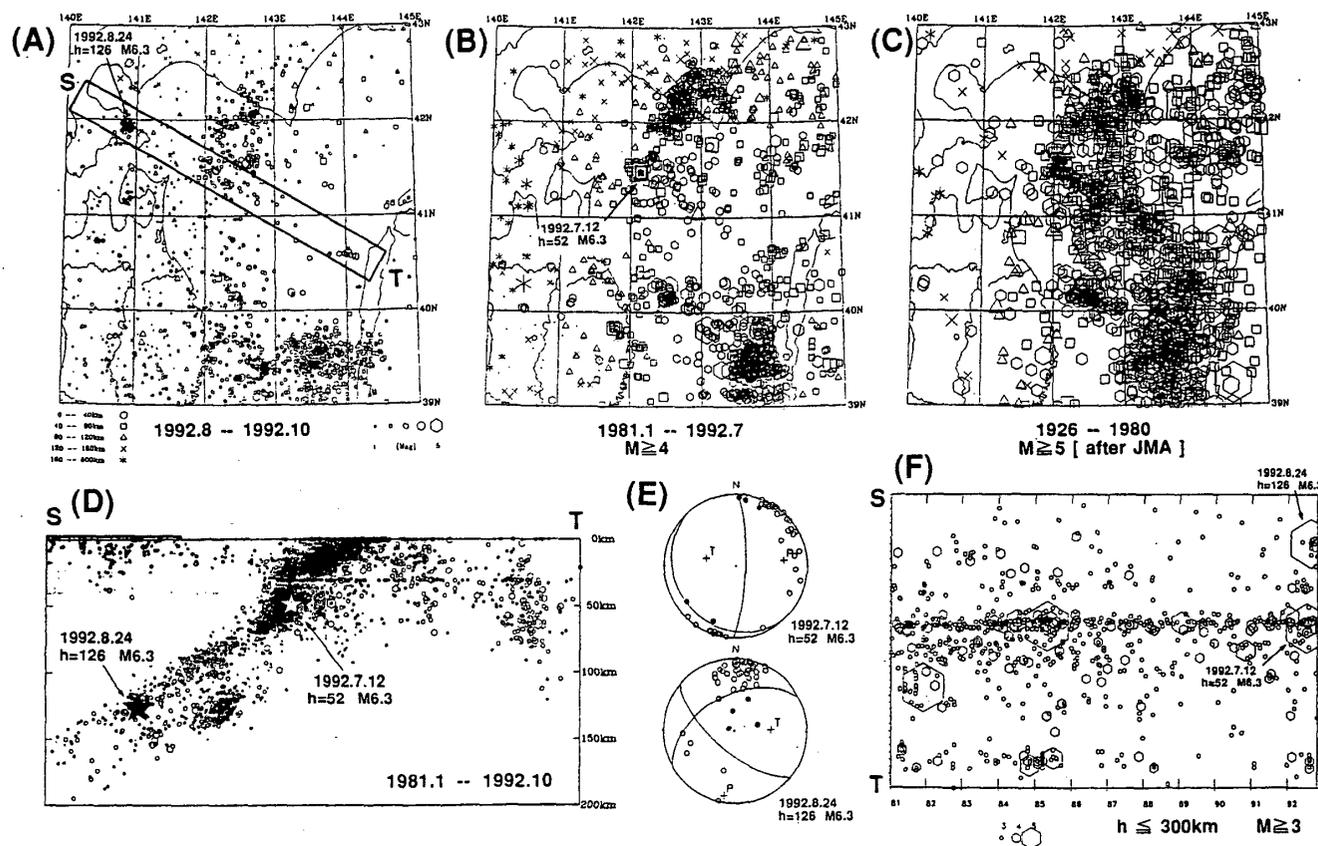
第18図 東京大学理学部，東北大学理学部による臨時海底地震観測の観測点配置図。黒丸は海底地震計の設置位置を示す。海底地震計の設置は7月23日から25日にかけて海洋科学技術センターの深海潜航艇母船「よこすか」により行った。

Fig. 18 Locations of OBS's deployed in cooperation with Faculty of Science, University of Tokyo. The OBS's are deployed using R/V *Yokosuka* (Japan Marine Science and Technology Center).



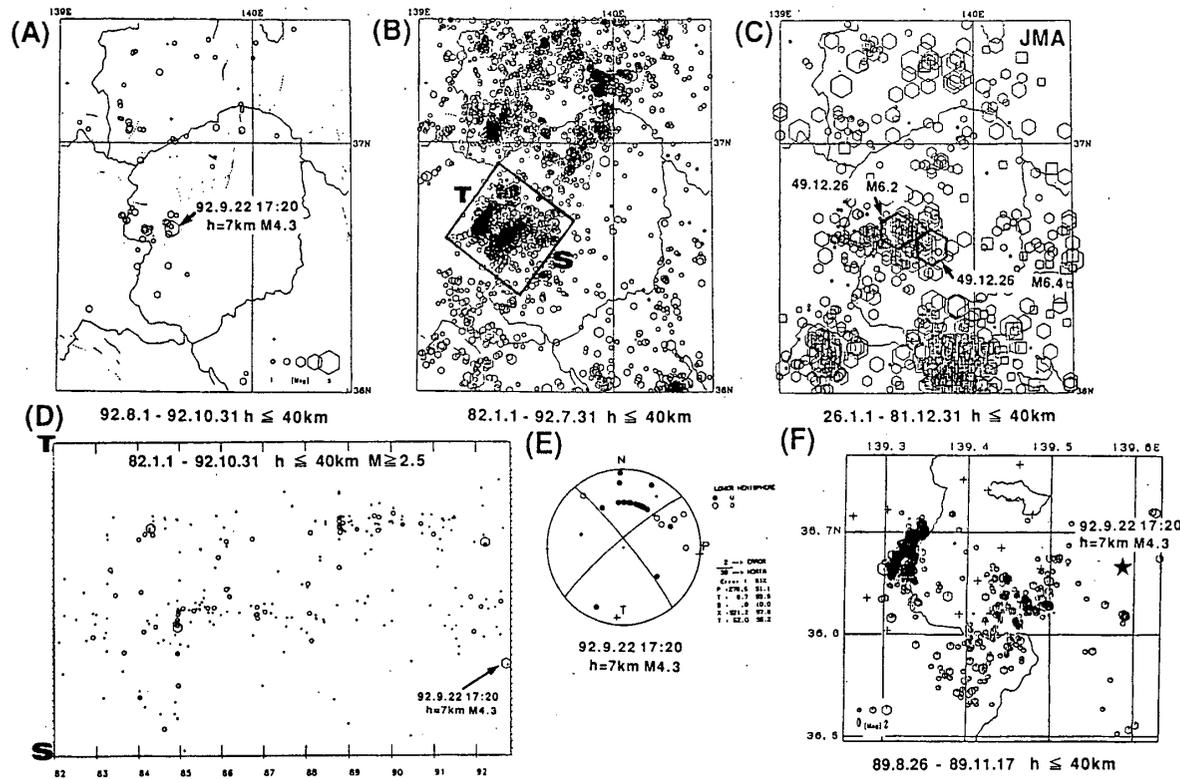
第19図 青森県東方沖の地震活動。(A)1992年7月, (B)1981年1月~1992年6月に発生した微小地震の震央分布。(C)1981年1月~1992年6月, (D)1926年1月~1980年12月(気象庁による)に発生した $M \geq 5$ の地震の震央分布。(E)図(A)のPQ領域に発生した地震の鉛直断面図(1981年1月~1992年7月)。1992年7月12日に発生した $M6.3$ の地震の震源を星印で示す。(F)1992年7月に青森県東方沖で発生した $M6.3$ の地震とその最大余震($M5.3$)のメカニズム解(下半球等積投影)。

Fig. 19 Seismic activity off Aomori Prefecture. (A) Epicenter distribution in July, 1992. (B) The distribution for the period from January, 1981 to June, 1992. (C) The distribution of large earthquakes ($M \geq 5$) for the period from January, 1981 to June, 1992. (D) The distribution of large earthquakes determined by JMA for the period from 1926 to 1980. (E) Vertical cross-section of the events in the PQ region of fig. (A). (F) Focal mechanism solutions for the major events in July, 1992.



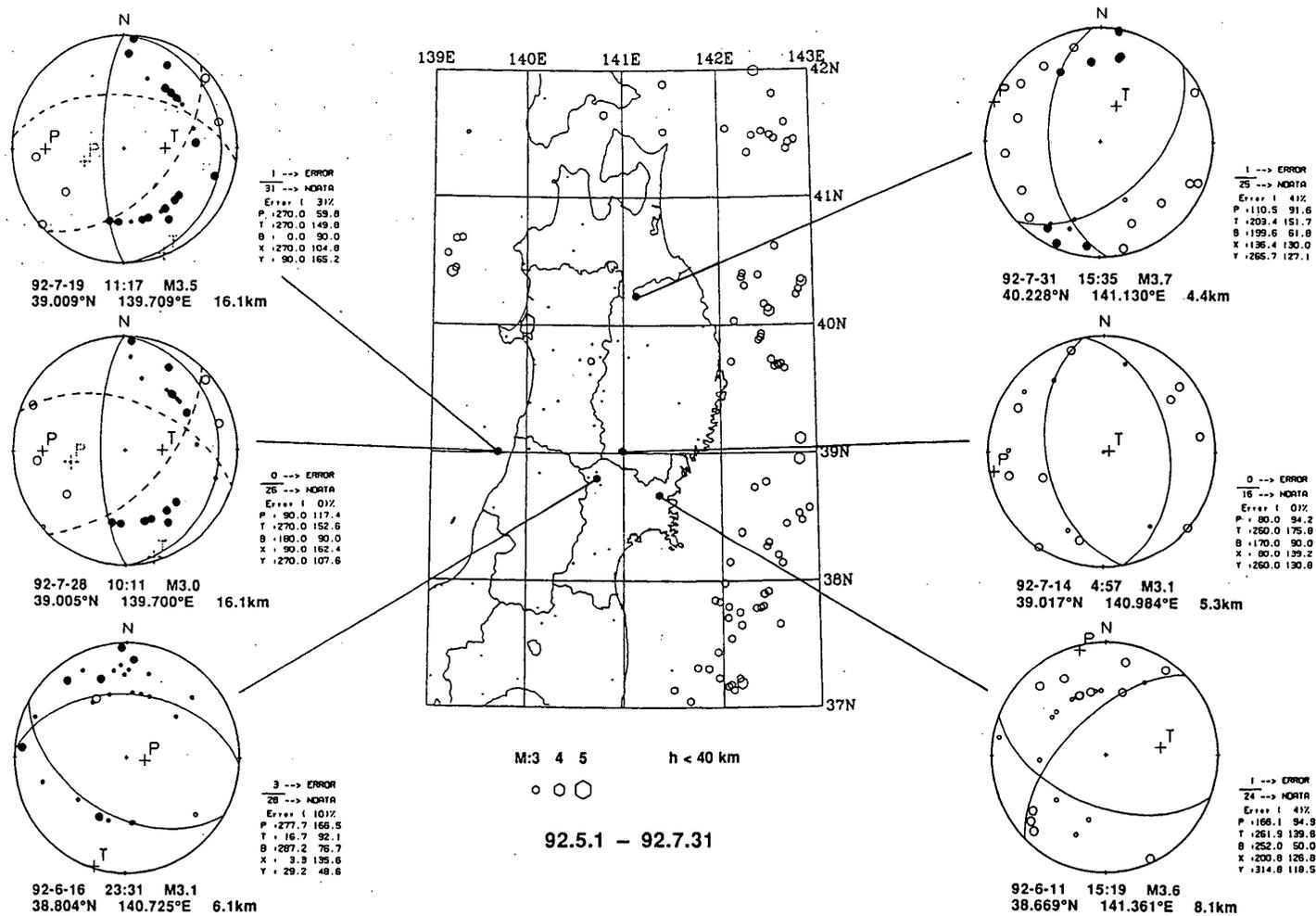
第20図 北海道南部・東北地方北部における地震活動 (A)1992年8月～10月, (B)1981年1月～1992年7月 ($M \geq 4$), (C)1926年～1980年 ($M \geq 5$; 気象庁による) に発生した地震の震央分布。(D)図(A)のS T領域に発生した地震の鉛直断面図。(E)1992年7月12日に青森県東方沖で発生した地震 ($M6.3$) と8月24日に渡島支庁東部に発生した地震 ($M6.3$) のメカニズム解 (下半球等積投影)。(F)図(A)のS T領域に発生した $M \geq 3$ の地震の時空間分布。内陸部の浅い地震 (図(D)の影を付けた部分) は除く。

Fig. 20 Seismic activity around the boundary between Hokkaido and Tohoku District. (A) Epicenter distribution for the period from August to October, 1992. (B) The distribution for the period from January, 1981 to July, 1992. (C) the distribution of large earthquakes ($M \geq 5$) determined by JMA for the period from 1926 to 1980. (D) Vertical cross-section of the events in the ST region of fig. (A). (E) Focal mechanism solutions for the major events on July 12 ($M6.3$) and August 24 ($M6.3$), 1992. (F) Space-time distribution for the events in the ST region of fig. (A).



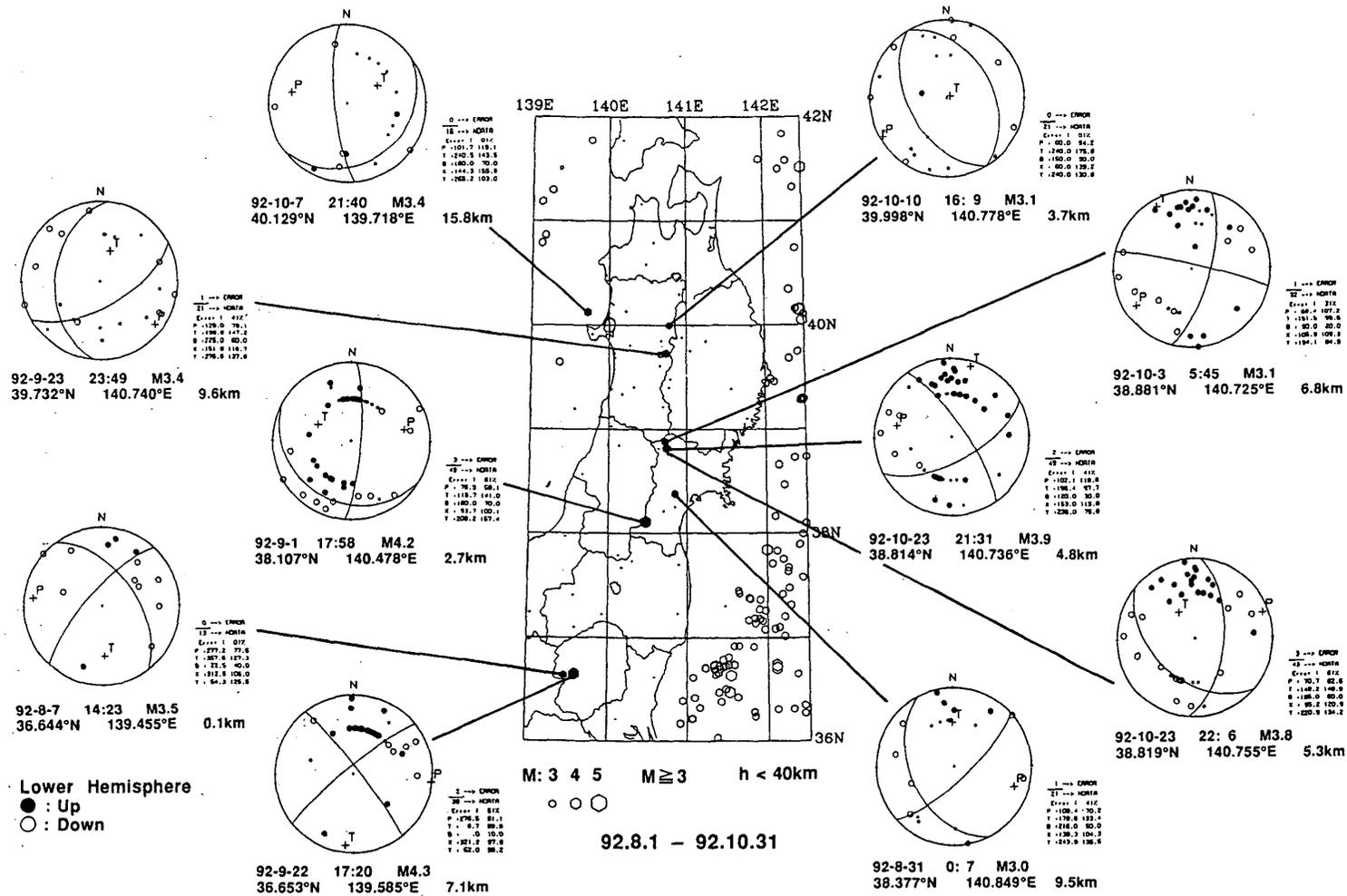
第21図 栃木県およびその周辺の地震活動 (A)1992年8月～10月, (B)1982年1月～1992年7月, (C)1926年～1981年(気象庁による)に発生した地震の震央分布。(D)図(B)のST領域内に発生した地震の時空間分布 ($M \geq 2.5$)。 (E)1992年9月22日に発生した地震 ($M4.3$) のメカニズム解(下半球等積投影)。(F)1989年に行った臨時観測による震央分布(北海道大, 弘前大, 山形大, 宇都宮大, 鹿児島大との共同観測)。

Fig. 21 Seismic activity in and around Tochigi Prefecture. (A) Epicenter distribution for the period from August to October, 1992. (B) The distribution for the period from January, 1982 to July, 1992. (C) The distribution by JMA for the period from 1926 to 1981. (D) Space-time distribution for the events in the ST region of fig. (B). (E) Focal mechanism solution for the event ($M4.3$) on September 22, 1992. (F) Epicenter distribution obtained by the temporary seismic observation in cooperation with Hokkaido Univ., Hirosaki Univ., Yamagata Univ., Utsunomiya Univ. and Kagoshima Univ.



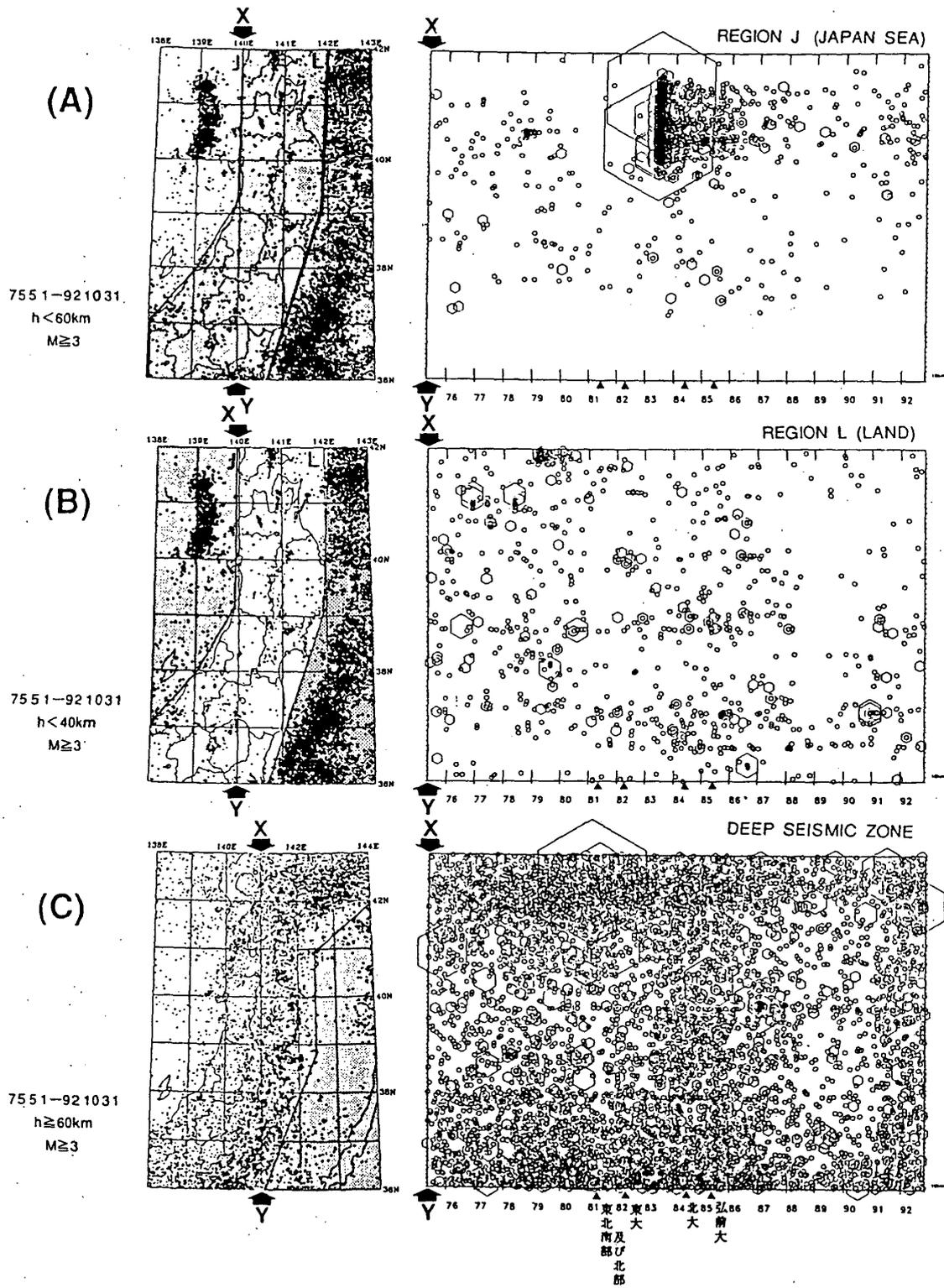
第22図 1992年5月～7月に東北地方で発生した $M \geq 3$ の浅発地震の震央分布と内陸で発生した地震のメカニズム解（下半球等積投影）。●が押し、○が引きの領域を表す。各軸の方位角（北から時計回り）と伏角（鉛直下向きから）をメカニズム解の右下に示す。

Fig. 22 Epicenter distribution and focal mechanism solutions (projected onto a lower hemisphere) for the events with $M \geq 3$ in the land area of the Tohoku District (May–July, 1992).



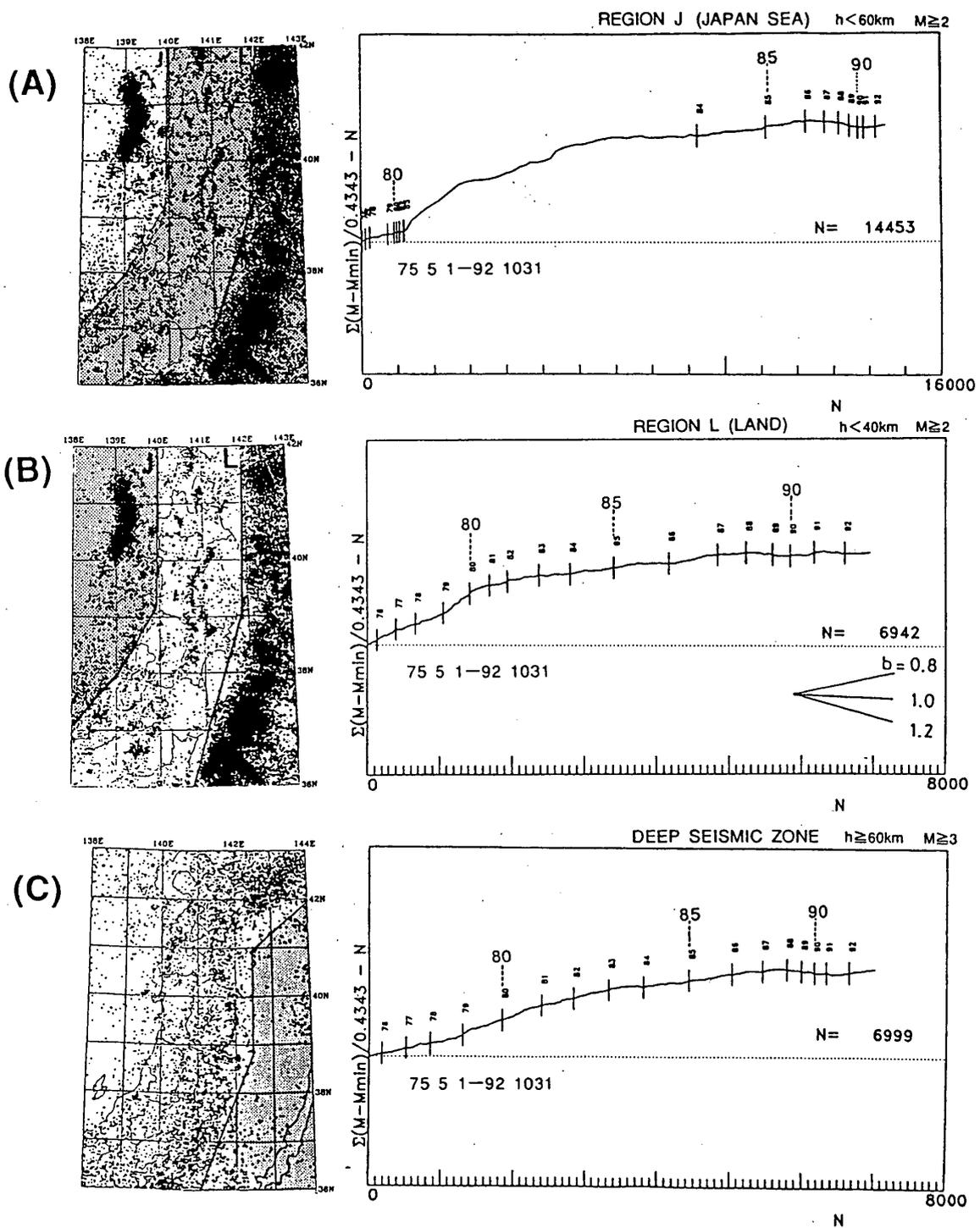
第23図 1992年8月～10月に東北地方で発生したM \geq 3の浅発地震の震央分布と内陸で発生した地震のメカニズム解(下半球等積投影)。●が押し、○が引きの領域を表す。各軸の方位角(北から時計回り)と伏角(鉛直下向きから)をメカニズム解の右上に示す。

Fig. 23 Epicenter distribution and focal mechanism solutions (projected onto a lower hemisphere) for the events with $M \geq 3$ in the land area of the Tohoku District (August–October, 1992).



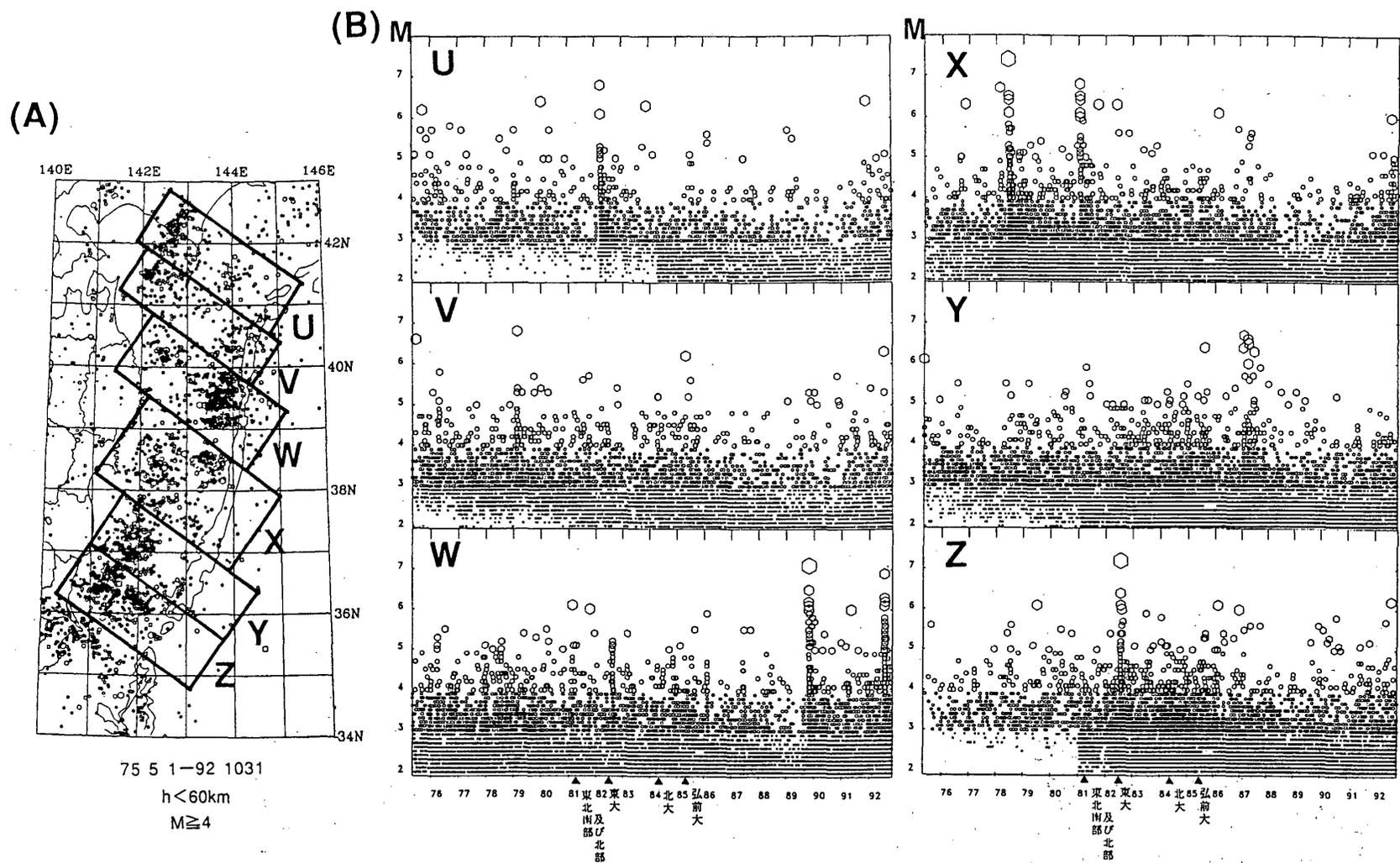
第24図 東北地方で発生した $M \geq 3$ の地震の時空間分布 (1975年5月~1992年10月)。挿入図に示した枠内の地震をXY軸に投影して示す。(A)日本海下で発生した浅発地震。(B)内陸下で発生した浅発地震。(C)稍深発地震。

Fig. 24 Space-time distributions of earthquakes with $M \geq 3$ (May, 1975 – October, 1992). (A) Shallow events off the west coast of the Tohoku District. (B) Shallow events in the land area. (C) Intermediate-depth earthquakes.



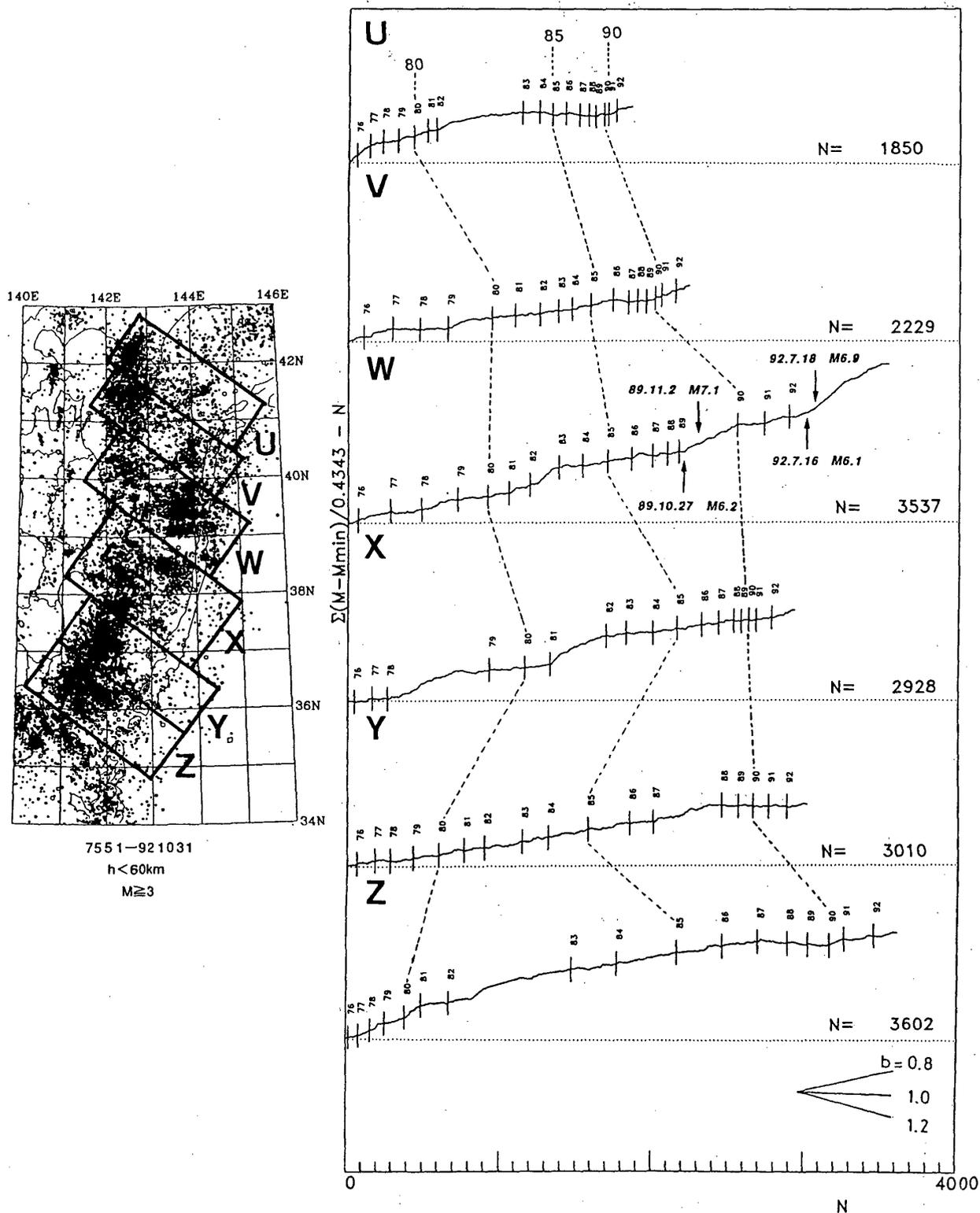
第25図 1975年5月～1992年10月に東北地方で発生した地震の $\Sigma M-N$ 図。(A)日本海下で発生した浅発地震 ($M \geq 2$)。 (B)内陸下で発生した浅発地震 ($M \geq 2$)。 (C)稍深発地震 ($M \geq 3$)。

Fig. 25 Cumulative magnitude-number ($\Sigma M-N$) diagrams of earthquakes in and around the Tohoku District (May, 1975 – October, 1992). (A) Shallow events off the west coast of the Tohoku District ($M \geq 2$). (B) Shallow events in the land area ($M \geq 2$). (C) Intermediate-depth earthquakes ($M \geq 3$).



第26図 東北地方の太平洋下における浅発地震活動 (1975年5月~1992年10月)。(A) $M \geq 4$ の地震の震央分布。(B) 図(A)のU~Zの枠内に発生した $M \geq 2$ の地震のM-T図。三角印は観測網の拡大に伴って検知能力が向上した時期を表す。

Fig. 26 (A) Epicenter distribution of earthquakes ($M \geq 4$) with depths shallower than 60 km off the east coast of the Tohoku District (May, 1975 - October, 1992). (B) Magnitude-time distributions of earthquakes ($M \geq 2$) in the regions shown in Fig. (A).



第27図 1975年5月～1992年10月に東北地方の太平洋下(挿入図のU～Z領域)に発生した地震の $\Sigma M-N$ 図。縦軸と横軸はそれぞれ $M \geq 3$ の地震の積算マグニチュード(ΣM)と積算個数(N)を表し、グラフの傾きがb値の逆数に対応する(ただし、b値=1でreduceしてある)。縦棒は各年の1月1日を表す。

Fig. 27 Cumulative magnitude-number ($\Sigma M-N$) diagrams of earthquakes ($M \geq 3$) with depths shallower than 60 km off the east coast of the Tohoku District (May, 1975 - October, 1992). The inclination of the graph corresponds to the inverse of b-value. The vertical bars indicate the beginning of each year. Note: the graph is reduced with $b = 1$.